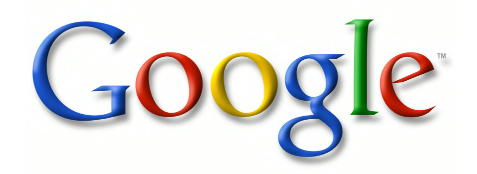
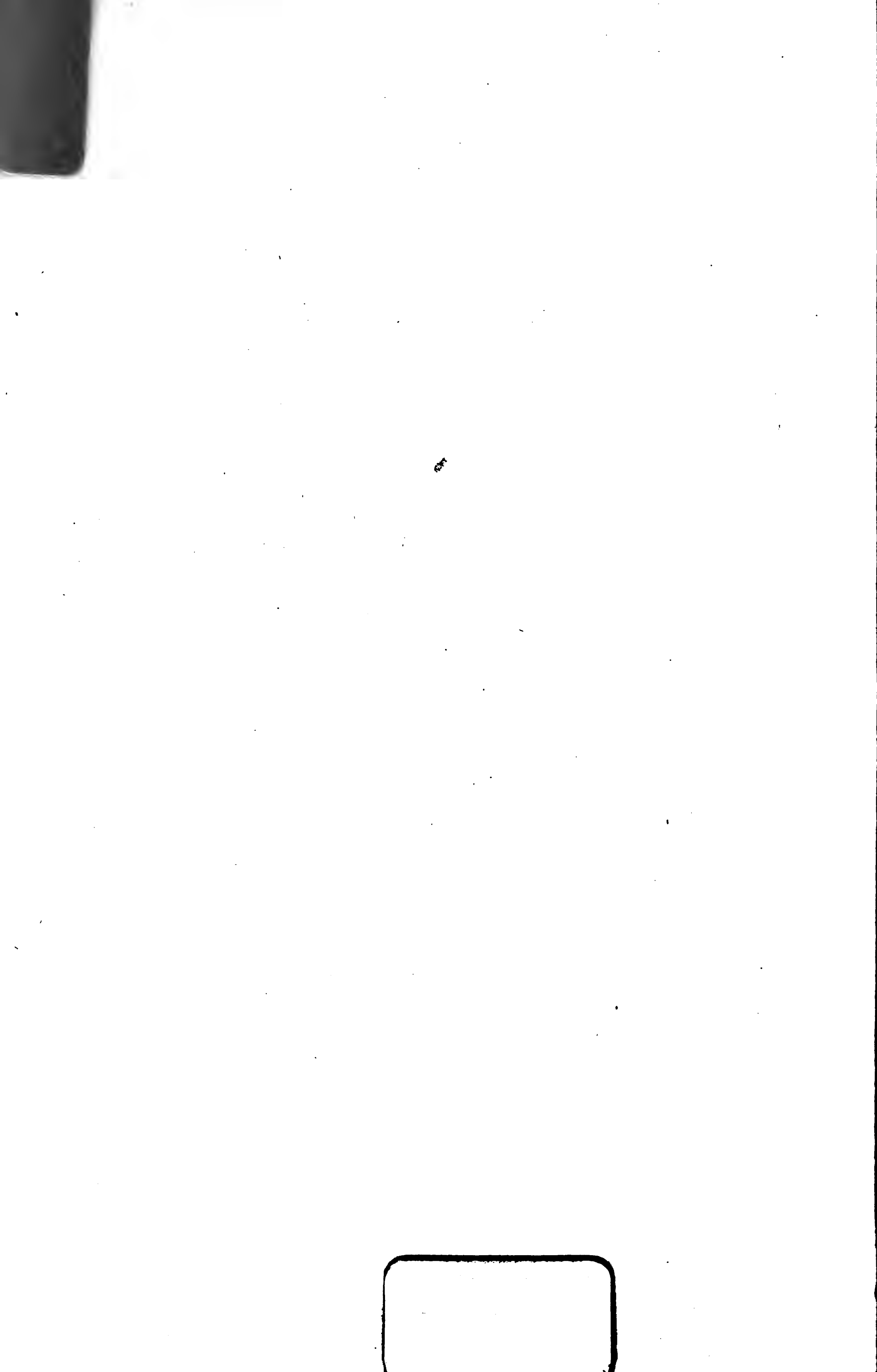


SACHS

ENTSTEHUNG DER RAUM-VORSTELLUNG AUS SINNESEMPFINDUNGEN.



7781

Einzelpreis Mk. 1,—. Eine Serie, (15 Hefte) Mk. 11,25.

Psychiatrische Abhandlungen

herausgegeben von

Dr. Carl Wernicke

Medizinalrat und o. ö. Professor in Breslau.

Heft 5.

Die Entstehung der Raumvorstellung aus Sinnesempfindungen

von

Dr. med. Heinrich Sachs,

Nervenarzt in Breslau,

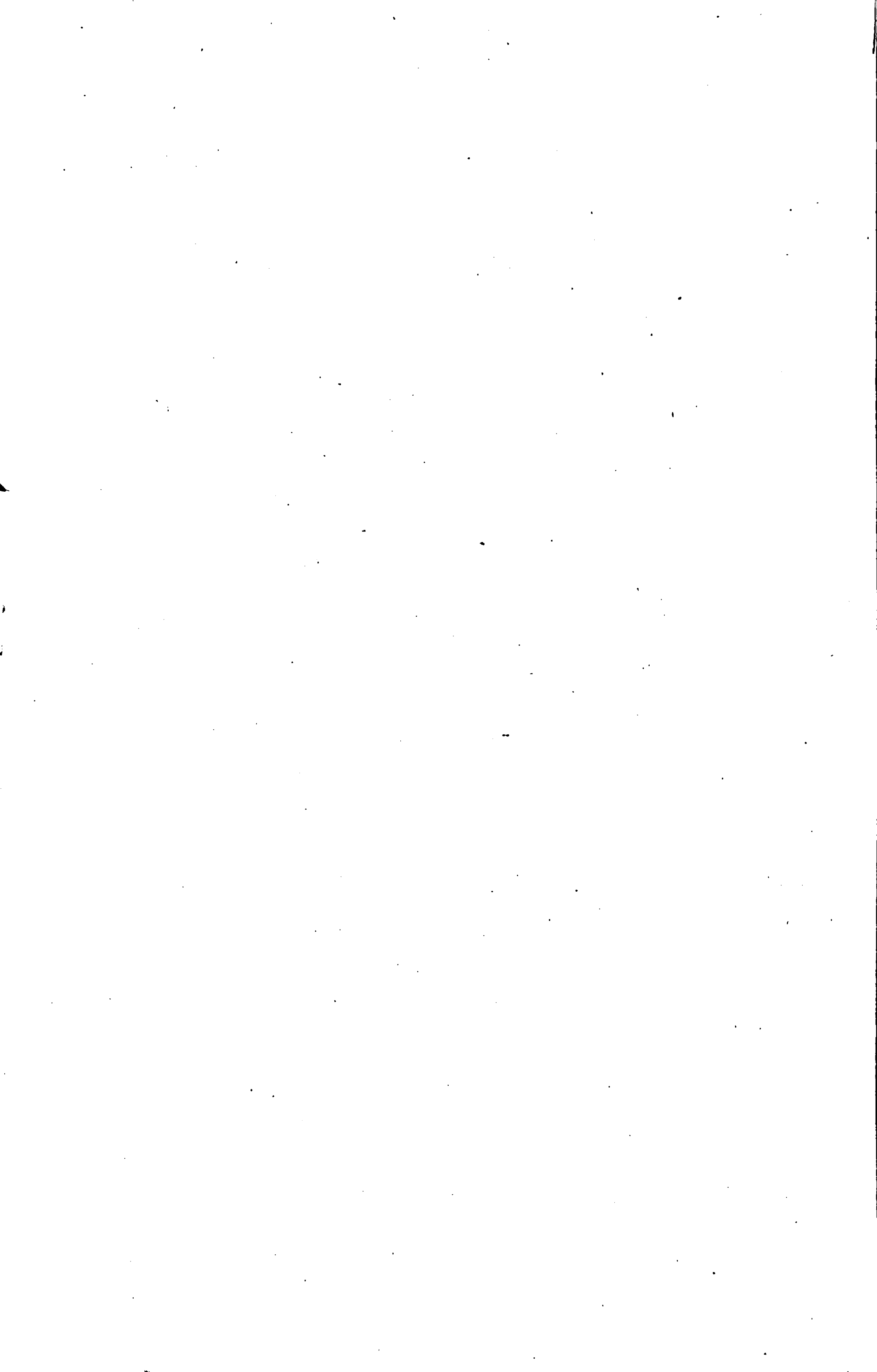
Privatdocent an der Universität.

BRESLAU 1897.

SCHLETTER'sche BUCHHANDLUNG

(Franck & Weigert)

Inhaber: A. Kurtze.



crim. c.

Die Entstehung der Raumvorstellung aus Sinnesempfindungen

von

Dr. med. Heinrich Sachs,

Nervenarzt in Breslau,

Privatdocent an der Universität.

BRESLAU 1897.

SCHLETTER'sche BUCHHANDLUNG

(Franck & Weigert)

Inhaber: A. Kurtze.

In allen bisher aufgestellten Raumtheorieen, mögen sie welcher Art immer sein, wird eine besondere Fähigkeit der Seele, Raum vorzustellen, vorausgesetzt. Von den in Betracht kommenden Theorieen nehmen die einen an, dass die Seele den von einem äusseren Reiz getroffenen Punkt der Haut oder Netzhaut unmittelbar als im Raum gelegen vorstelle, und lassen allenfalls eine genauere Ordnung der von Anfang an noch nicht genügend geordneten örtlichen Beziehungen oder eine Korrektur derselben durch die Erfahrung zu. Die anderen Theorieen lassen das ganze Raumbild erst aus der Erfahrung heraus entstehen. Hier werden überall Flächen- und Tiefenwahrnehmung sowohl für den gesehenen, wie für den getasteten Raum gesondert betrachtet. So lässt Lipps die Flächenvorstellung dadurch entstehen, dass benachbarte Haut- oder Netzhautpunkte häufiger durch gleichzeitige und gleichartige, entferntere solche Punkte häufiger durch ungleichzeitige und ungleichartige Reize getroffen werden, und so durch die Erfahrung eine Sonderung (bei stetigem Ineinanderübergehen) der durch die Reizung der einzelnen Punkte entstehenden Wahrnehmungen bezw. Vorstellungen zu Stande kommt. Diese Annahme erklärt zwar die Sonderung der Eindrücke, aber nicht das räumliche Nebeneinander. Für die Tiefe sieht Lipps von der Annahme eines analogen Vorganges ab und nimmt statt dessen zu den aus der Muskelzusammenziehung stammenden Empfindungen (die als Muskelempfindungen schlechtweg bezeichnet werden mögen) seine Zuflucht; also zu denselben Empfindungen, deren Verwertung für die Auffassung der Fläche er entschieden zurückweist. Eine Anzahl anderer Theorieen (Lotze, Wundt) stützen sich vorwiegend auf die Muskelempfindungen. Wundt insbesondere zieht das Verhältnis der zentralen reproduzierten Muskelempfindung (die er als zentrale Innervationsempfindung bezeichnet) zur Berührungs- bezw. Lichtempfindung und zu dem von dem berührten bezw. optisch gereizten äusseren Punkte stammenden und diesem von vorn herein zugehörenden Lokalzeichen in Betracht und lässt mittelst einer „psychischen Synthese" aus dem Zu-

sammenwirken dieser verschiedenen Empfindungen eine neue Art von Wahrnehmung, die in den einzelnen Komponenten nicht enthalten ist, eben die Raumwahrnehmung, entstehen. Auch wo sonst von „Innervationsempfindung" die Rede ist, ist stets ein ganz zentraler psychischer Prozess, aber keine Empfindung sensu strictiori gemeint.

Gegen diese Auffassung wird vor Allem geltend gemacht, dass die Muskelempfindungen viel zu wenig abgestuft und viel zu unvollkommen wahrnehmbar seien, um die feine Lokalisation im Raum zu erklären. Es lässt sich ferner dagegen geltend machen, dass in einer Wahrnehmung nichts enthalten sein kann, was nicht in den — psychischen — Komponenten derselben schon enthalten ist.

Die folgende Darstellung versucht einen neuen Gesichtspunkt für die Entstehung der Raumwahrnehmung und Raumvorstellung geltend zu machen, ohne in irgend einer Weise erschöpfend zu sein. Es handelt sich nur um eine Skizzierung der Grundlinien. Es erscheint dabei zweckmässig, auf die Art der Sinnesempfindungen überhaupt, auch insofern sie in keiner Beziehung zum Raume stehen, näher einzugehen.

Die Darstellung gilt nur für den Menschen. Bei den Thieren walten offenbar — und zwar je niederer sie stehen, in um so stärkerem Grade — andersartige Beziehungen ob. Vieles, was bei dem Menschen Grosshirnfunktion ist, ist bei den Thieren an subkortikale Zentren gebunden. Deshalb lassen sich hier Vergleiche schlecht ziehen.

Die Darstellung geht von einer Reihe thatsächlicher Beobachtungen aus.

1) Von Wernicke ist darauf aufmerksam gemacht worden, dass man eine einmal mittelst irgend eines Körperteils erworbene Bewegung mit jedem anderen beweglichen Körperteile ohne weiteres nachahmen, dass man also z. B. mit der Fussspitze oder dem Knie schreiben kann.

2) Damit man eine einmal mittelst des Auges wahrgenommene Form (einen Buchstaben, ein Gesicht u. s. w.) wiedererkenne, ist es nicht notwendig, dass bei der abermaligen Wahrnehmung das Bild der Form auf dieselben Netzhautpunkte falle. Wir erkennen ein und dieselbe Form in den verschiedensten Entfernungen vom Auge, wenn wir sie in einer bestimmten Entfernung vom Auge einmal kennen gelernt haben. Es ist nicht nötig, es ist auch nicht einmal möglich, jede Form in allen möglichen Entfernungen vom Auge zu sehen, und die sämtlichen

Erinnerungsbilder derselben zu associieren. Man denke sich z. B. eine Form von zwei bis zu einem Meter Entfernung langsam genähert. Dabei dehnt sich das ursprüngliche Netzhautbild allmählich auf das Doppelte seiner Grösse aus. Es entstehen nach einander Hunderte von Netzhautbildern, bei denen die gleichen Punkte der Form jedesmal auf anderen Netzhautpunkten liegen; und dennoch erscheinen uns alle diese verschiedenen Netzhautbilder als identisch.

3. Ein genaues Analogon gilt für das Gehör. Wir erkennen eine Melodie, die wir in irgend einer Höhe und irgend einer Tonart einmal gehört haben, in jeder anderen Höhe und jeder anderen Tonart sofort wieder; es ist nicht nötig, dass wir sie in jeder Höhe und jeder Tonart erst kennen lernen und die unzähligen verschiedenen Erinnerungsbilder mit einander associieren.

Diese Kenntnis ist unabhängig von der Fähigkeit, die Form (oder die Melodie) nachzuahmen. Man muss, um hier nicht in Irrtum zu verfallen, allerdings sich nicht an einen imitatorisch besonders begabten Menschen halten, nicht etwa an einen Maler, der jede einmal aufgenommene Form (oder einen musikalisch sehr Begabten, der jede einmal gehörte Melodie) ohne weiteres wiederzugeben imstande ist, sondern an einen Durchschnittsmenschen, der die erwähnte Qualifikation durchaus nicht besitzt.

4. Menschen, die eine periphere totale Lähmung eines Körperteils besitzen, oder denen ein Glied amputiert worden ist, nehmen häufig, wenn sie eine bestimmte Bewegung des gelähmten oder fehlenden Körperteils in der von früher gewohnten Weise intendieren, diese Bewegung thatsächlich wahr. Menschen, welche an der Lähmung eines Augenmuskels leiden, nehmen, wenn sie die Bewegung dieses Muskels intendieren, eine Scheinbewegung der Objekte im Sinne der Bewegungsrichtung eben dieses Muskels wahr.

Bevor ich an die „räumlichen“ Sinne, Gesicht und Getast herangehe, wird es zweckmässig sein, unsere sonstigen Sinneswahrnehmungen einer Musterung zu unterziehen.

Unsere Sinneswahrnehmungen lassen sich in zwei Gruppen sondern, welche man als einfache und komplizierte von einander unterscheiden kann. Ein Theil unserer Sinnesorgane vermittelt nur einfache, ein anderer Teil neben einfachen auch komplizierte Wahrnehmungen.

Zur ersten Gruppe gehören Geschmack, Geruch und gewisse

Empfindungsarten, welche wir von der Hautoberfläche erhalten, nämlich Kälte und Wärme und das sogenannte Gemeingefühl: Wollust, Kitzel, Schauder (vielleicht auch noch eine Reihe unklarer, aus unseren inneren Körperorganen stammender Empfindungen). Der Schmerz, wie alle Lust- und Unlustgefühle tragen nicht den Charakter von Sinneswahrnehmungen und fallen aus dieser Untersuchung heraus.

Das Charakteristische der einfachen Sinneswahrnehmungen lässt sich am besten am Geschmack darstellen. Entkleidet man denselben der durch das Gefühl der Mundschleimhaut und den Geruch hinzugebrachten Zuthaten, so dürften im Wesentlichen nur vier verschiedene Geschmacksempfindungen — süss, sauer, salzig und bitter — in Frage kommen. Jeder dieser Geschmäcke besitzt eine bestimmte Qualität, und jeder von ihnen kann quantitativ in den verschiedensten Abstufungen vorkommen. Damit ist aber ihre Variationsfähigkeit erschöpft. Wir sind nicht fähig, ein Verhältnis verschiedener Geschmäcke zu einander aufzufassen; wir können ebenso wenig ein Verhältnis zwischen einem süssen und einem sauren Geschmack wahrnehmen, wie ein solches zwischen zwei gleichartigen Geschmäcken, die zu verschiedener Zeit, oder an verschiedenen Stellen der Zunge auf uns einwirken. Unsere Geschmacksempfindungen lassen sich — unabhängig von ihren Beziehungen zu anderen, nicht dem Geschmackssinn angehörigen Empfindungen, nur auf sich selbst angewiesen — weder zeitlich, noch räumlich, noch sonst irgendwie ordnen. Wir besitzen kein Geschmacksbild der Aussenwelt, nur einzelne in sich unzusammenhängende Geschmäcke.

Eine gleiche Überlegung gilt für den Geruch. Unser menschliches Geruchsvermögen ist ein rudimentäres; gleichwohl können wir eine grosse Anzahl differenter Gerüche wahrnehmen. Verhältnisse der Gerüche zu einander kennen wir nur in Bezug auf die Intensität; ein Geruch ist stärker, als der andre. Wir sind nicht fähig, räumliche oder zeitliche, oder irgend sonst wie beschaffene Verhältnisse von Gerüchen zu einander wahrzunehmen und im Gedächtnis zu behalten. Wir besitzen kein Geruchsbild der Aussenwelt, nur einzelne in sich unzusammenhängende Gerüche. (Diese Erwägung gilt jedenfalls für die grosse Mehrzahl der Menschen. Ob einzelne besonders inbezug auf den Geruch begabte Menschen, ob insbesondere sehr gut riechende Thiere, wie die Hunde, ein anderes Verhältnis darbieten, muss dahingestellt bleiben).

Für Wärme und Kälte und für die Gemeingefühle ist dieselbe Überlegung giltig.

Alle diese einfachen oder niederen Sinnesempfindungen besitzen noch eine Reihe gemeinsamer Eigenschaften. Sie sind alle unmittelbare Wächter des Organismus gegen die von aussen andringenden Schädlichkeiten. Sie sind für sich allein gänzlich ungeeignet, Vorstellungen, oder Vorstellungsreihen zustande zu bringen; sie finden ihre psychische Verwertung nur durch die associative Verknüpfung mit Empfindungen der höheren Sinne, mit anderweitig erworbenen Erinnerungsbildern, Vorstellungen, oder ganzen Vorstellungsreihen. Unser Gedächtnis inbezug auf diese Empfindungen ist ein einseitiges. Wir erkennen sie zwar wieder, wenn sie von Neuem durch äusseren Reiz erregt auftreten, und vermögen sie gegebenen Falls zu benennen. Die Gerüche insbesondere sind im Stande, ganze Situationen und Erlebnisse wieder in unser Gedächtnis zurückzurufen. Dagegen ist es einem grossen Teil der Menschen unmöglich, diese Empfindungen von innen heraus, von der andern Seite her ohne den äusseren Reiz wachzurufen. Nur ein Bruchteil der Menschen ist befähigt, sich einen Geruch, einen Geschmack, ein Gemeingefühl, Wärme oder Kälte mit sinnlicher Deutlichkeit vorzustellen, derart, dass man in der Erinnerung etwa zwei verschiedene Gerüche oder Geschmäcke gegen einander abwägen und mit einander vergleichen könnte.

Eine Folge davon ist, dass alle diese Sinnesempfindungen keinen höheren psychischen Wert haben. Der Verlust derselben, auch der angeborene, macht für den davon Betroffenen die Aussenwelt weniger farbenprächtig; aber die Intelligenz, die Vorstellung von der Aussenwelt selbst, die Fähigkeit die letztere aufzufassen leidet nicht im Geringsten. Nur den Gefahren der Aussenwelt steht der jener Sinneswahrnehmungen Beraubte hilfloser gegenüber, weil er einen Teil derselben nicht wahrnimmt. Der Geruchlose entzieht sich nicht der Einatmung schädlicher riechender Gase. Der an Syringomyelie Erkrankte lehnt sich ohne Bedenken mit dem Rücken gegen den heissen Ofen und spürt die Brandwunden nicht, deren Narben man später auf seinen Schulterblättern findet. Der metallisch zusammenziehende Geschmack der Kupfersalze, das widerliche Bitter des Strychnins warnt den des Geschmacks Entbehrenden nicht vor dem Genuss des tötlichen Giftes.

Alle einfachen Sinneswahrnehmungen haben ein weiteres Gemeinsames darin, dass sie einen mehr oder minder lebhaften Gefühlston

an sich haben; sie alle sind angenehm oder unangenehm. Die Art und Weise, wie sie von Gefühlstönen begleitet werden, ist aber weder bei den verschiedenen Menschen, noch bei denselben Menschen zu verschiedener Zeit durchweg die gleiche.

Die Verschiedenheit der Gefühlsbetonung bestimmter Geschmacks- und Geruchsempfindungen ist ebenso bekannt, wie die Thatsache, dass das begleitende Gefühl sich bei demselben Menschen im Laufe der Zeit erheblich ändern und sogar ins Gegenteil umschlagen kann.

Im striktesten Gegensatze zu diesen niederen Sinnen stehen die drei höheren, das Gehör einerseits, das Gesicht und Getast andererseits.

Das Gehör hat für unsere Wahrnehmung eine zweifache Prägung. Die einzelnen Töne, die wir wahrnehmen, haben für uns als solche keinen grösseren psychischen Wert, als etwa Gerüche oder Geschmäcke. Wir nehmen aber ausser den einzelnen Tönen auch noch das Verhältnis wahr, in welchem die auf einander folgenden oder gleichzeitig erklingenden Töne zu einander stehen. Diese Eigentümlichkeit erscheint am deutlichsten bei der Betrachtung der Melodie und ist in der Einleitung inbezug hierauf bereits hervorgehoben worden. Während uns eine Melodie leicht im Gedächtnis bleibt, kann man dasselbe von den einzelnen Tönen bestimmter Höhe durchaus nicht sagen; dieselben verhalten sich vielmehr ganz wie einfache Sinnesempfindungen. Die meisten Menschen können sich die Klangempfindungen selber nicht mit sinnlicher Deutlichkeit in's Gedächtnis zurückrufen (nur musikalisch bezw. akustisch besonders eigenartig begabte Individuen vermögen es).

Es ist also beim Gehör zur einfachen Sinneswahrnehmung der Klangempfindung etwas hinzugekommen: bestimmte Verhältnisse, in welchen die einzelnen Klangempfindungen zu einander stehen. Sind nun diese Verhältnisse ebenso von vorn herein gegeben, wie die einfachen Sinnesempfindungen? Das ist nicht der Fall.

Bei der einfachen Sinnesempfindung muss man sich das dabei eintretende Geschehen folgendermassen vorstellen. Irgend ein äusserer Reiz trifft eine periphere Nervenfaser, oder eine Gruppe von solchen, ein reizaufnehmendes Organ; gleichgiltig, ob es sich um die Verästelung einer sensiblen Nervenfaser der Haut, um eine Sinneszelle der Riechschleimhaut, eine Zelle des Corti'schen Organs oder einen Zapfen der Netzhaut handelt. In den Nervenfasern, welche zunächst mit dem reizaufnehmenden Organ in unmittelbarer Verbindung stehen, läuft in

Folge dessen ein Erregungsvorgang, eine molekulare Bewegung, welcher Art man auch immer sie sich denken möge, aufwärts zum Zentralorgan. Die Erregung gelangt in ein subkortikales Zentrum und bildet einen Reiz für eine in demselben gelegene Gruppe von Ganglienzellen. In diesen letzteren entsteht in Folge dessen eine neue Erregung, welche in den Axenzylinderfortsätzen derselben weiter aufwärts in der Richtung gegen die Hirnrinde hin verläuft. Sei es nun direkt, sei es durch Vermittlung von noch einer oder mehrerer eingeschalteter Gruppen von Neuronen gelangt der Erregungsvorgang schliesslich in Endbäumchen, welche an einer bestimmten, je nach dem gereizten Organ verschiedenen Stelle der Hirnrinde sich verästeln, und setzt hier schliesslich eine Gruppe von kortikalen Ganglienzellen (deren weitere Beziehungen für diese Betrachtung gleichgiltig sind) in Erregung. In dem Augenblick, in welchem die letztbezeichnete Ganglienzellengruppe in Thätigkeit tritt, geht in uns etwas vor, was wir in Form einer Empfindung wahrnehmen (uns zum Bewusstsein kommt), und zwar einer qualitativ bestimmten, je nach dem äusseren erregten Sinnesgebiet verschiedenen Empfindung (spezifische Energie der Empfindung): Wir riechen einen Geruch; wir sehen eine Farbe; wir fühlen eine Berührung, wir hören einen Ton.

Unsere Empfindung ist nicht etwa die Folge der molekularen Schwingungen in den Ganglienzellen. Wenn man eine Empfindung als letzte Wirkung eines äusseren Reizes bezeichnet, so ist das immer eine Umschreibung. Der richtige Ausdruck des Sachverhältnisses ist stets: Es entsteht eine mechanische Bewegung in einer Ganglienzellengruppe, als deren subjektives Korrelat die und die Empfindung auftritt. (Mir erscheint die Auffassung als die einfachste und verständlichste, welche annimmt, dass die Empfindung und der entsprechende mechanische Vorgang in den Ganglienzellen identisch seien. Es ist derselbe Vorgang, welcher von aussen betrachtet [objektiv] als molekulare, mechanische Bewegung in den Ganglienzellen aufzufassen ist, von innen gesehen [subjektiv] als spezifisch gefärbte Empfindung wahrgenommen wird. — Nach Meynert ist es nicht die Thätigkeit kortikaler Zellen, welche als Empfindung zum Bewusstsein kommt, sondern diejenige solcher subkortikaler Elemente, deren Endverästelungen in der Rinde liegen.)

Die spezifische Art der Empfindung ist etwas uns von Haus aus Gegebenes. Soweit die Sinnesorgane und das Zentralnervensystem verschiedener Menschen im Bau gleich und in normalem Zustande befindlich sind, ist anzunehmen, dass bei jedem Einzelnen unter gleichen

äusseren Bedingungen die gleichen elementaren Empfindungen entstehen, und zwar gänzlich unabhängig von jeder Übung und Erfahrung. Der Reiz läuft in der vorgebauten Bahn, und die Empfindung entsteht.

Dass bei jedem Menschen auf denselben äusseren Reiz hin die identische einfache Empfindung entstehe, ist natürlich nur eine Vermutung. Wir haben gar kein Urteil darüber, ob nicht bei einem bestimmten äusseren Reize, der in dem Einen die Empfindung „blau“ erweckt, in dem Anderen die Empfindung „rot“ entsteht, oder vielleicht irgend eine andere Empfindung, welche sich mit keiner dem Beobachter gegebener Empfindung deckt, sondern ganz anderer Art und Natur ist. Wir sind nur in der Lage, zu erfahren, ob eine beliebige Reihe von Empfindungen, welche der Eine als verschieden auffasst, auch von dem Anderen als verschieden empfunden wird, und ob ähnliche Empfindungen des Einen auch für den Anderen ähnliche Empfindungen sind. Wir schliessen z. B. auf das Vorhandensein einer Farbenblindheit nur daraus, dass der Farbenblinde Empfindungen nicht zu sondern vermag, welche uns als verschieden imponieren, dass er Ähnlichkeiten und Unähnlichkeiten von durch dieselben äusseren Reize ausgelösten Empfindungen anders wahrnimmt als wir. Welcher Art nun wirklich seine Empfindungen sind, wissen wir eben so wenig, wie er die unseren kennt, und wie überhaupt irgend jemand von uns wissen kann, ob seine Empfindungen mit denen eines anderen übereinstimmen.

Wir können also weder wissen, noch erschliessen, ob diejenige Art der Empfindung, die wir als Schall bezeichnen, bei verschiedenen Menschen die gleiche, oder bei jedem Menschen eine anders geartete ist; wohl aber können wir erschliessen, dass gewisse äussere Einflüsse bei jedem normalen Menschen eine Reihe von bestimmten Empfindungen eo ipso hervorrufen, ohne Zuhilfenahme irgend welcher geistigen Thätigkeit, ohne Übung oder Erfahrung.

Ganz anders verhält es sich mit dem zweiten Element, welches bei der Wahrnehmung von Gehörseindrücken in die Erscheinung tritt, nämlich mit der Wahrnehmung des Verhältnisses, in welchem verschiedene Töne zu einander stehen. Die Wahrnehmung dieses Verhältnisses ist uns nicht von vornherein gegeben. Wir müssen dieselbe erst erlernen, selbst wo es sich um das allereinfachste Verhältnis, das sich denken lässt, also etwa um dasjenige zwischen Grundton und Oktave handelt. Die Wahrnehmung eines solchen Verhältnisses ist mithin eine geistige Arbeit, d. h. eine Leistung unseres Denkorgans.

Diese Leistung ist aber nicht etwa eine Association der Erinnerungsbilder der beiden Töne, vielmehr etwas ganz Anderes. Während bei den einfachen Sinneswahrnehmungen es sich nur und ausschliesslich um die passive Aufnahme äusserer Reize handelt, kommt hier — zu eben dieser passiven Aufnahme der unserem Empfinden als solcher von Haus aus gegebenen Töne — ein aktives Element hinzu, welches nur aus einer Thätigkeit unseres Körpers, einer Reaktion unseres Körpers auf die von aussen zugeleiteten Erregungen hervorgehen kann. Wir stellen gewissermassen aktiv unseren Organismus in dem gewählten Beispiel vom Grundton auf die Octave ein; die Arbeit, welche wir auf diese Einstellung verwenden, wirkt als Reiz auf kortikale Ganglienzellengruppen, wird als eine eigenartige Empfindung wahrgenommen und verbleibt in in unserem Gedächtnis. Diese Arbeitsleistung und damit der kortikale Erregungsvorgang, sowie die Empfindung ist genau die gleiche, welcher Art auch der Grundton ist. Wir müssen genau dieselbe Arbeitsleistung vornehmen, von welchem Grundton immer zu seiner Oktave wir uns einstellen. Sobald wir deshalb diese Arbeit einmal für einen bestimmten Grundton und seine Oktave gemacht haben, und sobald wir diese bestimmte Arbeit durch die Hilfe unseres Gedächtnisses in unseren geistigen Besitz aufgenommen haben, erkennen wir für die Folgezeit jede beliebige Oktave richtig als solche (damit ist natürlich noch nicht gesagt, dass wir das Tonintervall als Oktave bezeichnen können; dazu gehört eine besondere Associationsleistung.).

Was für die Oktave gilt, gilt für jedes beliebige Tonintervall. Für jedes einzelne Intervall ist die zu leistende Einstellungsarbeit eine verschiedene, und dementsprechend auch die zum Grosshirn aus dieser Arbeitsleistung gelangende Erregung und die entstehende Empfindung, die als Intervallempfindung bezeichnet werden mag, eine andere.

In Wirklichkeit lernen wir zunächst nicht die einfachsten Intervallempfindungen, also etwa Oktave, Quinte u. s. w. kennen. Der sich allmählich entwickelnde Mensch hört zunächst nur Tongemische, in denen er wohl anfänglich Unterschiede überhaupt nicht wahrzunehmen vermag. Die erste Arbeitsleistung ist die Feststellung des Höher und Tiefer zweier Gehörswahrnehmungen überhaupt. Indem immer wieder andere Gehörswahrnehmungen an das Ohr schlagen, entwickelt sich die Auffassung des Höheren und noch Höheren. Die gehörten Klänge werden immer mehr geordnet, insbesondere dadurch, dass in verschiedenen aufeinander folgenden Gehörswahrnehmungen teils gleiche, teils verschiedene Teilklänge

vorhanden sind. So entwickelt sich nach und nach eine immer deutlicher sich differenzierende Masse von Intervallwahrnehmungen. Je mehr Ordnung jemand schon in das anfängliche Tonchaos gebracht hat, um so leichter ist die weitere Arbeit. Wie weit die Isolierung gelingt, hängt von Anlage und Übung ab.

Wenn mehr als zwei Töne auf einander folgen, so associieren wir die aus dem Vergleiche je zweier einander folgender Töne entstehenden Intervallwahrnehmungen mit einander in der Reihenfolge, in welcher sie entstehen. Eine Melodie ist also für unsere Wahrnehmung nichts Anderes, als die associative Verknüpfung der Wahrnehmungen einer Reihe auf einander folgender Einstellungsvorgänge, d. h. der auf einander folgenden Intervallwahrnehmungen. Wenn wir eine einmal aufgenommene Melodie später in einer anderen Tonart hören, so empfinden wir ganz andere Töne, aber die Arbeitsleistungen, welche notwendig sind, um unser inneres Ohr von je einem Ton auf den nächstfolgenden einzustellen, sind die gleichen, welche wir bei dem ersten Anhören der Melodie haben vollbringen müssen; es werden mithin dieselben Intervallempfindungen erregt, und infolge dessen erkennen wir die Melodie wieder trotz der vollständigen Verschiedenheit der einzelnen Töne. Haben wir übrigens eine Melodie einmal aufgenommen, so ist vielleicht späterhin für das Wiedererkennen nicht mehr die Neueinstellung für je zwei einzelne Töne notwendig; vielmehr könnten dann möglicherweise die Associationen der Tonerinnerungen mit den Erinnerungsbildern der Intervallempfindungen genügen, um von den Tönen direkt aus die Melodie zu erkennen. (Vergl. die analoge Einrichtung beim Auge.)

Wir besitzen nicht nur die Fähigkeit, die Verhältnisse auf einander folgender Töne aufzufassen und zu behalten; das gleiche gilt vielmehr auch für gleichzeitig erschallende Töne. Wir erhalten dadurch die verschiedenen Klangfarben sowohl der musikalischen Instrumente, wie der menschlichen Sprechweisen; und hier wiederum sowohl der Sprechweisen verschiedener Volksstämme (Dialekte), wie derjenigen der einzelnen Individuen. Die Klangfarbe ist mithin nichts als eine Summe gleichzeitig entstehender Intervallempfindungen. Die Unterscheidung der Klangfarben muss ebenso gelernt werden, wie diejenige des Höher und Tiefer bei auf einander folgenden Gehörswahrnehmungen; sie kann sich ebenso verfeinern, wie diejenige der Melodien oder der einfachen Intervallwahrnehmungen. Trotzdem erscheint uns die Klangfarbe als etwas Eigenartiges. Dem geübten Musiker gelingt es, aus dem Gesamt-

klang die einzelnen einfachen Klangkomponenten herauszuhören, und der Experimentalphysiker ist im Stande, aus den einzelnen einfachen Tönen durch gleichzeitiges Erschallenlassen desselben die Klangfarbe künstlich zu erzeugen. Auch bei der Klangfarbe handelt es sich nicht um die einfache Association der einzelnen Töne selber; denn auch hier ist wie bei der Melodie die absolute Höhe der einzelnen gleich zeitig erschallenden Töne gleichgiltig; nur von dem Verhältnis der Töne zu einander hängt die Klangfarbe ab. Haben wir einmal einen Sachsen, Schwaben oder Ostpreussen sprechen hören, so ist es für die Folgezeit vollkommen gleich, ob wir den kräftigen Bass eines erwachsenen Mannes, die Altstimme eines jungen Mädchens oder den hellen Sopran eines Knaben wahrnehmen: wir erkennen den Dialekt wieder trotz der absolut verschiedenen Höhenlage der einzelnen Töne, die unser Ohr treffen.

Die gleiche Überlegung trifft für die einzelnen Wörter, ja die gehörten Wortteile, die Silben oder Buchstaben zu. (Wie überall werden wir uns auch hier nicht der einzelnen Arbeitsakte, sondern nur des Resultats bewusst.)

Welcher Art ist nun das Organ, mittelst dessen wir jene Einstellung vornehmen, und dessen Thätigkeit wir als Intervallempfindung, bezw. als Klangfarbe wahrnehmen; und wo befindet er sich?

Man könnte an diejenigen Organe denken, mittelst deren wir Gehörswahrnehmungen nachzuahmen imstande sind, in erster Linie an die Muskelgebiete des Kehlkopfs, könnte also Innervationsempfindungen zu Hilfe nehmen.

Das ist aber offenbar unrichtig. Die simultanen Tonmischungen, Klangfarben und Dialekte, können wir überhaupt nicht ohne Weiteres nachahmen. Aber auch für die Wahrnehmung der successiven Tonfolgen ist die Nachahmungsfähigkeit irrelevant. Auch ein von Geburt Stummer lernt Gehörtes verstehen. Das Kind versteht viel eher den Sinn der Worte, als es sie nachspricht, und spricht sie noch sehr unvollkommen nach zu einer Zeit, wo es sie schon ausgezeichnet versteht. Der Unmusikalische erkennt sehr häufig Melodieen wieder und hört, was beweisend ist, Fehler heraus ohne im Geringsten zur Nachahmung befähigt zu sein. Die Nachahmung von Gehörseindrücken muss mühsam für sich gelernt werden, kann daher nicht das Mittel für die Intervallwahrnehmungen sein.

Allerdings ist die Nachahmung das beste Unterstützungsmittel für

die Aufnahme der Tonverhältnisse, schon dadurch, dass sie dieselben immer wieder dem Ohre vorführt.

Auch die Kontraktion des tensor tympani dürfte nicht als Hilfsmittel in Frage kommen.

Irgendwo unterhalb der Hinrinde muss ein Organ vorhanden sein, welches auf Gehörseindrücke in der geschilderten Weise reagiert und dessen dem Grosshirn übermittelte Thätigkeit in diesem eine Erregung entstehen lässt, deren subjektives Korrelat die Wahrnehmung der Klangfarbe sowie die successive Intervallwahrnehmung ist. Für die ursprüngliche Intervallempfindung selbst gilt wieder das Gleiche, wie für die einfachen Sinneswahrnehmungen, die nur in Folge äusserer Reize entstehen; sie ist als solche in unserer Empfindung gegeben.

Über die Art und den Ort des erforderten Organs wissen wir bis jetzt nichts. (Schnecke?) Die Wahrscheinlichkeit seiner Existenz ergiebt sich aus dem Vergleich mit den beiden räumlichen Sinnen, bei denen sich das gesuchte Organ und seine Wirkungsart aufweisen lässt, und zwar, wie des Näheren zu erörtern sein wird, in dem Höhlengrau, der ersten Endstätte aller peripheren Nervenfasern.

Da die Intervallempfindung selbst den Charakter einer psychisch bestimmten Empfindung besitzen muss, so lässt sie sich als elementare der Seele eigentümliche Leistung nur wahrnehmen aber nicht beschreiben.

Nochmals sei betont, dass wir die Intervallwahrnehmungen nicht in der Weise kennen lernen, dass wir von vornherein einzelne bestimmte Töne also etwa genau Grundton und Oktave mit einander vergleichen. Zunächst setzen wir vielmehr ganze Tongruppen zu einander in Beziehungen und lernen zuerst ein Verhältnis zwischen höheren und tieferen Tönen überhaupt kennen. Erst nach und nach werden unsere Intervallwahrnehmungen genauere, indem wir immer kleinere Tongruppen aus dem anfänglich empfundenen Tongemisch heraussondern. So vermag der Unmusikalische sehr nahe benachbarte Intervalle, d. h. Einstellungen geringerer Differenz nicht von einander zu unterscheiden, die dem musikalisch Gebildeten (und Bildungsfähigen) sofort auffallen. Wie bei allem Erlernten ist nicht die Association von einzelnen Empfindungen, sondern die stärkere Betonung einzelner Associationen in einer grossen bis dahin gleichmässig arbeitenden Associationsmasse, unter gleichzeitiger Beeinträchtigung der übrigen Associationen, das Wesentliche (vergl. später).

Mittelst der beschriebenen Eigentümlichkeiten gelingt es uns, sowohl gleichzeitig als auch zeitlich getrennt von einander auf uns

einwirkende Tongruppen in ein bestimmtes System einzuordnen, ganz unabhängig von den Wahrnehmungen anderer Sinne. Dadurch gewinnen wir ein rein akustisches Bild der Aussenwelt, das sich am Klarsten in der Musik darstellt. (Inwiefern hier Beziehungen zur Zeitwahrnehmung überhaupt und zu den Zahlen vorhanden sind, muss unerörtert bleiben. In der Zeit geschehen alle unsere Wahrnehmungen, im Raume nicht; daher sind Raum und Zeit keine Analoga. Wohl aber ist, wie wir sehen werden, der Intervallwahrnehmung die elementare Raumwahrnehmung analog.)

Für jenes System, für die Entstehung des akustischen Weltbildes, kommen, wie nochmals betont sei, nicht die Töne selber, sondern in erster Linie die Verhältnisse derselben zu einander in Betracht, also lediglich dasjenige, was wir aus eigener Kraft zu den gehörten Tönen hinzufügen, das Resultat unserer Arbeit. Die Töne selbst sind nur das Rohmaterial, an dem wir arbeiten.

Auch bei der Wiedergabe von Worten oder Melodieen, also bei der gegenseitigen Verständigung, kommt es nicht auf die Töne selbst, sondern auf die Intervallwahrnehmungen an. Das Kind, welches Melodieen nachsingt, oder Worte nachspricht, hält sich nicht an die absolute Tonhöhe.

Es ist schon erwähnt, dass wir nicht wissen können, ob ein anderer dieselben Schallempfindungen hat, wie wir. Es ist für die Verständigung auch ganz gleichgiltig. Die sinnlichen Schallwahrnehmungen verschiedener Menschen könnten ihrer ganzen Natur nach vollkommen verschiedenartige sein; das Verständnis bliebe gewahrt, wofern nur die Einstellungsleistung des subkortikalen Organs die gleiche bliebe. Man könnte sich sogar vorstellen, dass einem Menschen der sinnliche Klang der Schallwahrnehmung selber gar nicht zum Bewusstsein käme, und nur die Arbeit der Einstellung in ihm Empfindungen auslöste. Einem solchen Menschen würde der Farbenreichtum der Gehörswelt verblassen; aber der psychische Wert der Gehörswahrnehmungen für seine Intelligenz würde durchaus nicht geringer sein.

Das ist natürlich eine reine Abstraktion; aber sie ist geeignet, den Unterschied zwischen Tonempfindung und Intervallwahrnehmung scharf hervorzuheben.

Selbstverständlich ist damit nicht gesagt, dass nicht auch die absolute Höhe der Töne von wesentlichem Interesse für die Deutung der uns umgebenden Welt und für das psychische Geschehen wäre.

Ob ein Blinder die Stimme eines Kindes oder eines Mannes hört, macht für seine Auffassung des sprechenden Individuums einen grossen Unterschied aus. Aber in diesem Falle handelt es sich nicht um die Beziehungen von Gehörseindrücken zu einander, sondern um solche von Gehörseindrücken zu den Eindrücken anderer Sinnesorgane bezw. zu ganzen Vorstellungen und Vorstellungsreihen, gerade so, wie wir es bei den Empfindungen aus den einfachen Sinnesorganen gesehen haben.

Daher kann eine kortikale Läsion Taubheit setzen, ohne das vorhandene Gehörsbild der Aussenwelt irgend zu schädigen.

Hier liegt zu einem Theil die Ursache verborgen für den Unterschied, welcher zwischen den Wahrnehmungen und den Erinnerungsbildern vorhanden ist. Die letzteren sind nicht abgeblasste Schemen der ersteren, welche in einzelnen Zellen oder Zellgruppen eingeschachtelt schliefen, um im Gebrauchsfalle plötzlich zu erwachen. Vielmehr sind es für den Gehörssinn die durch unsere einstellende Thätigkeit gewonnenen Empfindungen der Verhältnisse der von aussen eindringenden Gehörsreize, also die in unserem Grosshirne auf das Mannichfachste associierten Intervallempfindungen, welche den Kern unserer Erinnerungsbilder darstellen. Deshalb sind die Erinnerungsbilder unabhängig von den „Sinneswahrnehmungen", d. h. von dem plastischen sinnlichen Material, welches der äussere Reiz uns liefert. Deshalb ist in dem Erinnerungsbilde des Donners noch nicht soviel sinnlicher Klang enthalten, wie er durch ein auf das Wasser fallendes Haar entsteht (Meynert); vorausgesetzt allerdings, dass das erinnernde Individuum nicht die Fähigkeit besitzt, die einzelnen Menschen eignet, sich Schallempfindungen selbst willkürlich in's Gedächtnis zurückzurufen, d. h. willkürlich, wenn auch in noch so geringem Masse, zu hallucinieren.

Man denke sich einen Künstler, welcher bald einen Teller, bald einen Krug, bald eine menschliche Figur aus dem verschiedenartigsten Material formt, aus Thon, aus Steingut, aus Porzellanmasse, aus Wachs, aus Zucker, oder woraus sonst immer. So verschieden der Stoff ist, das Resultat für unsere geistige Auffassung der Form wird nicht durch das Material, sondern durch die Arbeit des Formers gegeben. Wenn wir uns vorstellen, dass wir die Bewegungen des Formers, welche zur Herstellung der Form nötig sind, allein in uns aufnehmen könnten, so wäre uns die Form gegeben ganz unabhängig von jedem Material

Den einfachen Sinneswahrnehmungen des Ohrs haftet noch ein gewisser Gefühlston an. Wir haben angenehme oder unangenehme

Gehörsempfindungen. Das Kratzen eines Nagels an der Wand, der reine Klang einer gut gestimmten Geige ganz unabhängig von jeder Melodie, der süsse Schall einer schönen Frauenstimme, auch wenn der Kehle nur ein einziger Ton entquillt, sind Beispiele dafür. Wie weit hier Tongemische in Betracht kommen und unverarbeitet, unmittelbar aufgenommen werden, nicht in Form der Klangfarbe, was weiter bei dem mehr oder minder schönen Eindruck einer Melodie in Frage kommt, sei hier nicht erörtert.

Abgesehen von den ästhetischen Gefühlen in der Musik ergiebt es sich, dass, je mehr die Association der Intervallwahrnehmungen in den Vordergrund tritt, um so mehr der Gefühlston der Gehörswahrnehmung schwindet. Beim gesprochenen Wort drängt der geistige Inhalt der Rede den grösseren oder geringeren Wohlklang des Organs zurück. Lauschen wir dem Wohllaut einer Stimme, so tritt umgekehrt der Inhalt zurück. Es scheint, dass der Gefühlston im Wesentlichen an der reinen Klangwahrnehmung haftet, sodass dem vorher gedachten Individuum, dem nur die Intervallwahrnehmungen zum Bewusstsein kommen würden, die Gefühlsbetonung der akustischen Eindrücke vollkommen fehlen würde.

Bei dem Wohlgefallen an der Melodie als solcher kommt ebenso wie bei der Wertschätzung der Schönheit einer Form offenbar etwas Anderes, als die ursprüngliche Gefühlsbetonung, etwas Sekundäres, zu einem grossen Teil von Übung und Erfahrung Abhängiges in Frage.

Ich habe den Gehörssinn insbesondere deshalb einer etwas ausführlichen Behandlung unterzogen, weil bei demselben in Folge der wenig auffälligen sinnlichen Erscheinung, welche der Intervallempfindung zu Grunde liegt, die Beziehung zwischen den wahrgenommenen äusseren Reizen und den Verhältnissen derselben zu einander klar in den Vordergrund tritt und deshalb geeignet ist, die analogen Verhältnisse der beiden noch ausstehenden Sinne, des Gesichts und Getasts, deutlich hervorzuheben.

Auch diese beiden Sinne besitzen einfache Sinnesempfindungen, wie sie allen Sinnen zukommen. Für den Tastsinn ist das die einfache Berührungsempfindung, die allerdings schwer von den Empfindungen des Gemeingefühls loszulösen ist und vielleicht nichts als einen Teil des letzteren darstellt. Für das Gesicht handelt es sich um die einfache Empfindung der Helligkeit, des Lichtes.

Man bringt gewöhnlich die verschiedenen Farben mit den verschieden hohen Tönen in Vergleich, verleitet durch die zu Grunde liegenden physikalischen Vorgänge, welche bei beiden Arten von Empfindungen Wellen von verschiedener Schwingungsdauer sind. Dieser Vergleich ist ein nur sehr bedingt richtiger, wie sich später des Genaueren ergeben wird. Die Töne stehen zu einander in gewissen Beziehungen, aus deren Auffassung sich eben das akustische Weltbild, die Welt der Melodieen und Worte gestaltet. Zwischen den Farben finden sich solche Beziehungen keineswegs; sie gleichen vielmehr den differenten Gerüchen, die unter sich auch keine Beziehungen haben (abgesehen vielleicht von einer gewissen Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit). Hörten wir nur einen einzigen Ton, der in verschiedener Stärke von uns wahrgenommen werden könnte, so gäbe es kein Gehörsbild der Aussenwelt. Der Ton hätte keinen höheren psychischen Wert, als etwa ein bestimmter Geschmack (vielleicht noch abgesehen vom Rhythmus). Eine einzige Farbe in wechselnder Intensität genügt dagegen zum Aufbau unseres optischen Bildes der Aussenwelt. Die folgenden Erörterungen sind auch für den Farbenblinden, welcher nur eine einzige Nuance sieht, giltig. Nur Hilfsmittel sind die Farben zu besserer Unterscheidung einzelner Punkte. Als Farben selbst spielen sie eine psychische Rolle nur in Beziehung zu anderen Sinneseindrücken, ganzen Vorstellungen oder Vorstellungsreihen, wie die Empfindungen der niederen Sinne.

Wir „sehen“ aber ausser der Lichtempfindung noch etwas zweites; wir „sehen“ die Form eines Gegenstandes, oder eines ganzen Gesichtsfeldes. Diese gesehene Form hat zwei Arten von Ausdehnung, eine in die Fläche und eine in die Tiefe.

Fläche „sehen“ wir mit einem einzelnen Auge; Tiefe „sehen“ wir nur bei gleichzeitiger Benutzung beider Augen. Wie kommen diese „Gesichts“wahrnehmungen zu Stande?

Betrachten wir zunächst die flächenhaften Wahrnehmungen.

Von jedem gesehenen Gegenstande entsteht ein Bild auf unserer Netzhaut. Dieses Bild wechselt seine Grösse, je nachdem der Gegenstand sich dem Auge nähert oder von demselben entfernt. Trotzdem erkennen wir den Gegenstand innerhalb der Grenzen des deutlichen Sehens in allen möglichen Entfernungen wieder, sobald wir ihn nur einmal in einer einzigen Entfernung gesehen und aufgefasst haben, d. h. sobald wir eine einzige bestimmte Grösse des durch den Gegenstand entworfenen Netzhautbildes wahrgenommen haben.

Wird eine bestimmte Gruppe von Netzhautpunkten durch Lichtstrahlen gereizt, welche von einem der Form nach bestimmten äusseren Gegenstande ausgehen, so geraten bestimmte Fasern des Sehnerven in Thätigkeit und es werden in letzter Linie bestimmte Ganglienzellengruppen desjenigen Teiles der Hirnrinde in Erregung versetzt, den man als Sehsphäre bezeichnet, und welchen ich spezieller optisch-sensorisches Feld genannt habe. Als subjektive Begleiterscheinung dieser letzten Erregung entsteht eine Lichtempfindung.

Entfernt sich der gesehene Gegenstand vom Auge (oder nähert er sich demselben) so treffen die von demselben entsandten Lichtstrahlen eine andere Gruppe von Netzhautpunkten; es müssen mithin andere Sehnervenfasern und andere Ganglienzellengruppen des optisch-sensorischen Feldes in Erregung geraten. (Wahrscheinlicher erscheint es mir, dass in beiden Fällen das gesamte optisch-sensorische Feld erregt wird, und nur die Form der Erregung, d. h. die grössere oder geringere Stärke der Erregung jedes einzelnen Punktes des Feldes variiert, s. u.; die Ausbreitung des Reizes findet wahrscheinlich im subkortikalen Ganglion des äusseren Kniehöckers statt, nicht schon in der Netzhaut selber vermittelst der Ganglienzellen derselben, da circumscripte Zerstörungen des Sehnerven oder Chiasmas verschieden lokalisierte Ausfälle im Gesichtsfelde machen.)

Trotzdem erscheint uns der gesehene Gegenstand in beiden Fällen identisch. Ist er in der einen Grösse des Netzhautbildes einmal aufgenommen, so wird er in jeder anderen Grösse desselben ohne Weiteres wieder erkannt. Diese Eigentümlichkeit tritt am schärfsten hervor, wenn man die Entfernung vom Auge nur in geringen Grenzen variieren lässt. Wir lernen ein und denselben Gegenstand keineswegs in allen möglichen Entfernungen vom Auge kennen.

Dreht sich dagegen der gesehene Gegenstand, ohne sich vom Auge zu entfernen, um eine Achse, welche den Mittelpunkt des Gegenstandes mit dem Mittelpunkt des gelben Fleckes verbindet (in welchem Falle das Retinabild weder Grösse noch Form ändert), so wird das gesehene Bild immer unähnlicher, bis es schliesslich unmöglich wird, das — mathematisch auf der Netzhaut genau gleich gebliebene — Bild noch als dasselbe zu erkennen: Auf den Kopf gestellte Schrift kann man, wenn man es nicht gelernt hat, nicht lesen, umgekehrte Photographieen nicht erkennen; die Welt nimmt ein ganz anderes Aussehen an, wenn man sich tief hinunter bückt und sie zwischen den eigenen

Beinen hindurch betrachtet. (Auch ein Teil der Vexierbilder, die man sofort erkennt, wenn man sie umdreht, gehört hierher.)

Bevor ich den Versuch mache, diese Eigentümlichkeiten zu erklären, muss ich an einige Begriffe aus der physiologischen Optik erinnern. Das gerade nach vorn blickende Auge befindet sich in seiner Primärlage. Aus dieser Lage heraus kann es nach jeder Richtung hin bewegt werden. Die Richtungslinien, in denen sich das Auge aus der Primärlage heraus bewegt, sind die Meridiane (richtiger Halbmeridiane) des Gesichtsfeldes. Bewegt sich das Auge gerade nach oben, so läuft es im oberen vertikalen, nach aussen, im äusseren horizontalen Meridian u. s. w. Der Punkt, den das Auge in der Primärlage fixiert, der sich also in der Mitte des gelben Flecks der Netzhaut abbildet, ist der primäre Fixierpunkt des Auges oder der Mittelpunkt des ursprünglichen Gesichtsfeldes. (Der Fixierpunkt bildet also mit den Halbmeridianen ein System von Polarcoordinaten.) Das Netzhautbild ist ein umgekehrtes; einem oben oder aussen im Gesichtsfelde gelegenen Punkte entspricht also ein unten bezw. innen gelegener auf der Netzhaut.

In der Primärlage befindet sich das Auge im Muskelgleichgewicht. Jeder Augenmuskel befindet sich dabei in einem bestimmten Grade der Anspannung oder der Innervation. Soll sich das Auge aus der Primärlage herausdrehen, so ist es notwendig, dass ein bestimmter Muskel, oder eine Gruppe von Muskeln innerviert wird.

Die Bewegung im äusseren und inneren Meridian wird durch den äusseren bezw. inneren geraden Augenmuskel bewirkt, diejenige im oberen Meridian durch das Zusammenwirken des oberen geraden und unteren schiefen, diejenige im unteren Meridian durch das Zusammenwirken des unteren geraden und oberen schiefen Augenmuskels.

Eine Bewegung in irgend einem Zwischenmeridian wird stets durch drei Augenmuskeln bewirkt, z. B. die nach oben innen durch den oberen und inneren geraden und den unteren schiefen. Zwischen dem oberen und inneren Meridian liegen eine unendliche Anzahl von Zwischenmeridianen. Für jeden einzelnen dieser Meridiane wirken dieselben drei Augenmuskeln zusammen, aber für jeden Meridian, ist die Intensität, mit welcher jeder Augenmuskel angespannt wird, um den gleichen Ausschlag des Auges herbeizuführen, eine verschiedene. Liegt der betr. Meridian dem inneren noch sehr nahe, so wird der innere Gerade sehr stark, der obere Gerade und der untere Schiefe dagegen sehr gering innerviert. Je weiter sich der Meridian vom inneren ent-

fernt, um so geringer wird die Innervation des inneren geraden, um so stärker die der beiden andern Augenmuskeln. Für jeden einzelnen Meridian besteht also ein anderes bestimmtes Verhältnis der Stärke der Innervation des inneren geraden zu der Stärke der Innervation der beiden anderen genannten Augenmuskeln. Das Gleiche gilt auch für die Meridiane der anderen 270 Grade des Gesichtsfeldes zwischen oberem und innerem Meridian aussen herum, nur dass von einem zum anderen Quadranten die Gruppierung der sechs Augenmuskeln zu je drei sich ändert.

Wird der Ausschlag des Auges in einem bestimmten Meridian ein grösserer, so bleiben dieselben drei Augenmuskeln in Thätigkeit, die Innervation eines jeden Augenmuskels wird stärker, das Verhältnis jedoch, in welchem die Stärke der Innervation im gegebenen Beispiel des inneren Geraden zu der des oberen Geraden und unteren Schiefen steht, bleibt das gleiche (unter der Voraussetzung, dass die Seitenbewegung des Auges nicht eine excessive wird). Dies Verhältnis der Innervation ist demnach für einen jeden bestimmten Meridian ein konstantes, und von demjenigen für jeden anderen Meridian verschieden.

(Bei den Bewegungen des Auges in schrägen Meridianen ändert sich beiläufig trotz des gleichbleibenden Innervationsverhältnisses die Wirkungsweise jeden Augenmuskels. Wird das Auge gerade nach innen bewegt, so wirkt der innere Gerade mit seiner ganzen Kraft nur als Innenwender; bei der Wendung gerade nach oben wirkt der obere Gerade als Obenwender und dreht gleichzeitig das Auge so, dass das obere Ende des vertikalen Meridians sich nach innen neigt; der untere Schiefe wendet dabei ebenfalls nach oben, dreht aber in entgegengesetzter Richtung. Bei der kombinierten Bewegung nach oben innen bleibt die Wirkung der Muskeln nur im ersten Moment der Wendung die gleiche. Je mehr das Auge von der vertikalen Erhebung nach aussen abweicht, um so mehr gewinnt der untere Schiefe an Kraft für die Aufwärtswendung, um so mehr verliert er aber für die Aussenrotation; der obere Gerade verliert an Kraft für die Aufwärtswendung, bewirkt aber eine immer stärker werdende Innenrotation; dieser letzeren wird dadurch entgegengewirkt, dass der innere Gerade einen Teil seiner Kraft für eine Aussenrotation hergiebt, sodass die wirklich eintretende Bewegung des Auges durch diese Änderungen in der Angriffsweise der Muskeln eine Abweichung weder in der Richtung der Wendung, noch inbezug auf seine Orientierung erleidet.)

Wird das Auge in einer sekundären Lage längere Zeit festgehalten, so muss das für den in Frage kommenden Meridian (welcher im Gesichtsfelde den gegenwärtigen Fixierpunkt mit dem Fixierpunkt der Primärstellung verbindet) bestehende Innervationsverhältnis der Augenmuskeln andauernd festgehalten werden. Dabei ist es ganz gleichgiltig, auf welchen Wegen oder Umwegen das Auge in die fragliche sekundäre Lage gekommen ist. Der Meridian bestimmt das Innervationsverhältnis, und das Innervationsverhältnis den Meridian.

Was für den Fixierpunkt, also den Mittelpunkt des gelben Fleckes gilt, gilt aber auch für jeden anderen Punkt der Netzhaut.

Es bilde sich eine vertikale helle Linie innen vom vertikalen Meridian ab; das Auge werde aus irgend einem Grunde nach innen abgelenkt, sodass die helle Linie nunmehr auf den vertikalen Meridian fällt. Was für den ursprünglichen Fixierpunkt und den auf den horizontalen Meridian fallenden Punkt der hellen Linie in ihrer ersten Stellung gilt, gilt für jeden Punkt des vertikalen Meridians und den in gleichem Abstande vom horizontalen Meridian gelegenen Punkte des Netzhautstreifens, in welchem sich die helle Linie zuerst abbildete. Die Vertauschung je zweier Punkte miteinander wird durch die Innervation des inneren Geraden bewirkt. Es besteht also dadurch eine Beziehung aller Punkte, welche auf irgend einem horizontalen Netzhautstreifen liegen, zu einander.

Was für die vertikale helle Linie gilt, gilt ebenso für eine horizontale oder jede andere seitlich vom Fixierpunkt sich abbildende. Denkt man sich durch irgend einen beliebigen Netzhautpunkt einen Fächer von Meridianen gelegt, so muss, damit dieser Netzhautpunkt in irgend einem seiner Meridiane gleite, die Bewegung des ganzen Auges gerade so geschehen, dass der Fixierpunkt in einem jenem secundären Meridian parallelen Meridian sich bewegt. (Alles unter der Voraussetzung, dass der in Frage stehende Netzhautpunkt nicht allzuweit vom Fixierpunkt entfernt ist, dass es sich also etwa um den gelben Fleck handelt. Bei entlegenen Netzhautpunkten würden die erforderlichen Augenbewegungen andere werden müssen, weil es sich um sphärische Bewegungen handelt.)

Auf diese Weise ist zwischen je zwei Netzhautpunkten eine bestimmte Beziehung gegeben; dieselbe wird durch die Augenbewegung ausgedrückt, mittels deren der eine Punkt mit dem anderen vertauscht wird. Dieser Augenbewegung entspricht ein bestimmtes Innervationsverhältnis der Augenmuskeln; dies Innervationsverhältnis

ist demjenigen gleich, mittels dessen der Fixierpunkt des Auges parallel der Verbindungslinie der beiden in Frage kommenden Netzhautpunkte bewegt werden würde.

Wenn wir irgend eine bestimmte Form sehen, d. h., wenn auf unserer Netzhaut ein bestimmtes Bild entsteht, so wird zwar die Art der im optisch-sensorischen Felde der Hirnrinde entstehenden Reizung durch die Art der Reizung sämtlicher betroffener Netzhaut-Punkte bestimmt, dagegen nehmen wir keineswegs, auch nicht bei grösster Übung alle diese Punkte in ihren Beziehungen zu einander wahr. Wir fassen vielmehr nur die Beziehungen einer kleinen je nach der mehr minder grossen Übung verschieden grossen Anzahl von Punkten zu einander auf. Es sind das Punkte, die durch verschieden grosse Helligkeit (oder auch verschiedene Farbe) auffallen. Auch unter diesen wird nur die Beziehung je eines Punktes zu einigen anderen, aber durchaus nicht die Beziehung jeden Punktes zu jedem anderen aufgefasst. Die Anzahl dieser Beziehungen wächst mit der Übung. (Auch die Auswahl der Punkte wird zu einem guten Teil durch die Übung d. h. die schon früher aufgenommenen Formen bedingt.)

Jede Beziehung eines gesehenen Punktes zu einem anderen wird durch eine beide verbindende Linie ausgedrückt (besteht also in einer bestimmten Richtung); jeder solchen Linie entspricht, wie oben angeführt, ein bestimmtes Verhältnis in der Innervation der Augenmuskeln, nämlich dasjenige, welches nötig wäre, um den Fixierpunkt des Auges in dem jener Richtungslinie parallelen Meridiane zu bewegen. Die verschiedenen Bilder, welche von einem und demselben in verschiedenen Entfernungen aber stets in gleicher Orientierung vom Auge befindlichen Gegenstände auf der Netzhaut entstehen, sind einander mathematisch ähnlich und ausserdem so gestellt, dass entsprechende Richtungslinien einander parallel sind. Parallelen Richtungslinien entspricht, wie sich ohne Weiteres ergiebt, dieselbe Form der Augenmuskelinnervation, d. h. dasselbe Verhältnis der Intensität, mit welcher die einzelnen Augenmuskeln innerviert werden..

Da nun jede gesehene Form nichts anderes ist als eine Summe solcher Richtungslinien, so ist für die Auffassung einer Form die absolute Grösse des Netzhautbildes gleichgiltig, vorausgesetzt nur, dass die Auffassung der Form in irgend einer Beziehung steht zum Innervationsverhältnis der Augenmuskeln. Diese Beziehung muss also aufgedeckt werden, und zwar sowohl in ihrer mechanischen, wie in ihrer psychischen Bedeutung.

Hier ist es nun nötig, auf den einfachen Reflexvorgang zurückzugehen.

Ein Kind, welches mit dem Finger in eine Flamme gerät, zieht die Hand sofort zurück (wie der — enthirnte — Frosch den Tropfen Säure mit der Pfote abwischt, den man auf irgend eine Stelle seiner Haut gebracht hat). Diese Bewegung ist eine geordnete, insofern nicht einzelne Muskeln, sondern ganze Muskelgruppen in bestimmten Innervationsverhältnissen dabei in Thätigkeit treten. (Die Bewegung ist allerdings nicht gleich von vorn herein eine so geordnete, dass sie den Charakter einer isolierten zweckmässigen Bewegung trüge. Nur die ungefähre Bewegungsrichtung „fort von der Flamme" wird gewahrt; auch kann die Bewegungsrichtung wechseln. Aber jedes einzelne Stück der Bewegung wird durch in bestimmter Anzahl uud Innervationsstärke zusammen wirkende Muskeln ausgeführt.)

Der den Reflex tragende Mechanismus ist folgender. Der äussere Reiz gelangt über die sensible Nervenfaser in die Endverästelung (oder die Endverästelungen) derselben und geht von hier, sei es direkt, sei es mit Hilfe von Schaltzellen auf ein System von nervösen Elementen über, welche unter einander in Beziehungen stehen, und welche Endverästelungen zu den motorischen Ganglienzellen der Muskelkerne (in den grauen Vordersäulen des Rückenmarks) schicken. Ich will diese nervösen Elemente Kombinationsneurone oder — nur inbezug auf ihre verbindende Thätigkeit — Kombinationsfasern nennen.

Mittelst dieses nervösen Systems sind die Kerne der einzelnen Muskeln in den mannigfachsten Kombinationen so an einander geknüpft, dass einer bestimmten sensiblen Erregung ein bestimmter Innervationsvorgang entspricht.

Jeder einzelnen koordinierten Muskelbewegung (Bewegungen einzelner Muskeln können weder reflektorisch noch willkürlich bewirkt werden mit ganz geringfügigen Ausnahmen — mimische Gesichtsbewegungen) entspricht eine bestimmte Kombination nervöser Elemente des Höhlengrau's.

Dieser Satz gilt auch für die Augenbewegungen. Auch hier kommen bei den reflektorischen, wie bei den willkürlichen Bewegungen stets bestimmte Muskelkoordinationen vor. Selbst äusserer und innerer gerader Augenmuskel wirken allem Anschein nach bei den Bewegungen des Auges im horizontalen Meridian nicht allein. Vielmehr wird die Innenwendung des Auges durch den oberen und unteren Geraden, die

Aussenwendung durch das Zusammenwirken beider Schiefen unterstützt, so dass auch bei Lähmung eines der beiden erstgenannten Muskeln eine Bewegung des Auges in der Richtung des gelähmten Muskels wenigstens bis in die Primärlage möglich ist.

Auch die ersten Bewegungen des Auges geschehen reflektorisch. Es ist allerdings zweifelhaft, ob für den Menschen ein subkortikaler, von der Netzhaut ausgehender Reflex besteht, welcher das Auge jedesmal so einstellt, dass der Mittelpunkt des gelben Fleckes an die Stelle des gereizten Netzhautpunktes tritt. Es wäre möglich, dass eine stärkere Reizung der Netzhaut zunächst nur Augenbewegungen überhaupt, aber nicht solche von durch den Ort des Reizes bestimmter Richtung auslöst. Es könnte ferner infolge der allseitigen Verbindung des Höhlengraus durch Kombinationsfasern irgend ein beliebiger sensibler Reiz auch Augenbewegungen auslösen. Jedenfalls wird ein Reflex, welcher das Auge auf einen einfallenden stärker reizenden Lichtstrahl (neben der grösseren Helligkeit kommt hier auch als energisch wirksam die Bewegung des Objekts in Frage) einstellt — wahrscheinlich als Rindenreflex — in kurzer Zeit ausgebildet. Wir können daher zunächst bei der näheren Betrachtung im Interesse einer Vereinfachung der Darstellung einen solchen Reflex als vorhanden annehmen.

Die Augenmuskeln sind in einem subkortikalen Zentrum schon in der Form zusammengefasst, dass sie Bewegungen des Auges in bestimmten Meridianen bewirken. Das subkortikale Zentrum wird durch die Augenmuskelkerne gebildet, die Zusammenfassung geschieht durch ein System sehr zahlreicher Kombinationsfasern, welche die verschiedenen Augenmuskelkerne einer Seite, sowohl unter einander, wie mit den verschiedenen Kernen der entgegengesetzten Seite verbinden. Ausser diesem Kombinationssystem finden sich in den Augenmuskelkernen die motorischen Ganglienzellen, deren Fasern in den Muskeln des Auges sich verlieren, und endlich Endverästelungen von verschiedenen Seiten herstammender Nervenfasern, welche die Thätigkeit der Augenmuskelkerne auslösen.

Diese Endverästelungen wirken nicht direkt auf die motorischen Ganglienzellen (sonst würden sie die Zusammenziehung einzelner Muskeln bewirken), sondern auf jenes Kombinationsfasersystem.

Eine bestimmte Thätigkeit dieses kombinierenden Mechanismus bewirkt die Bewegung des Auges in einen bestimmten Meridian. In so vielen Meridianen das Auge sich bewegen kann, so viel verschiedene

vorgebildete Thätigkeitsformen des kombinierenden Systems müssen möglich sein.

Das ist aber nicht so aufzufassen, als ob für jede einzelne der unendlichen Anzahl von Richtungen, in welchen das Auge bewegt werden kann, ein vollkommen für sich bestehender Bewegungsmechanismus vorhanden wäre. Vielmehr kann man sich eine annähernde Vorstellung von dem, was hier vorgeht, etwa in folgender Weise machen. Um das Auge in einem bestimmten Meridian zu bewegen, tritt aus der ganzen grossen Zahl der vorhandenen kombinativen Elemente eine bestimmte Anzahl derjenigen Fasern in Thätigkeit, welche die Kerne der bei der fraglichen Bewegung zusammenwirkenden Augenmuskeln verbinden. Soll das Auge in einem nahe benachbarten Meridian bewegt werden, so stellen in der vorerwähnten Kombinationsfasergruppe einige Fasern ihre Thätigkeit ein, während einige andere Fasern, welche bei der vorhergehenden Bewegung nicht thätig waren, in Thätigkeit treten. Je weiter zwei Meridiane von einander entfernt sind, um so weniger, je benachbarter sie sind, um so mehr gemeinschaftliche Kombinationsfasern sind ihnen zugehörig. Gerade einander entgegengesetzten Meridianen entsprechen keine gemeinschaftlichen Kombinationsfasern mehr, weil bei gerade entgegengesetzten Bewegungen auch nicht ein gemeinschaftlicher Augenmuskel mehr wirkt.

Eine bestimmte in der Anlage zusammengehörige Gruppe von Kombinationsfasern wirkt also, wenn sie in Thätigkeit tritt, auf die ihnen angegliederten motorischen Ganglienzellen der Augenmuskelkerne derart ein, dass sich das Auge in einem bestimmten Meridian eine Strecke weit bewegt. Soll das Auge in dem erreichten Punkte stehen bleiben, so muss auch der Innervationsvorgang in der betreffenden Gruppe von Kombinationsfasern sowohl, wie in den dazugehörigen motorischen Ganglienzellen konstant bleiben. Wird die Innervation, die Thätigkeit der Kombinationsfasergruppe eine stärkere, so bewegt sich das Auge in dem eingeschlagenen Meridiane weiter; wird die Innervation geringer, so geht das Auge gegen den ursprünglichen Fixierpunkt hin zurück. Solange also das Auge in demselben Meridian läuft, bleibt die Summe der arbeitenden Kombinationsfasern die gleiche, nur die Stärke ihrer Innervation ändert sich mit dem Grade der Augenablenkung.

Während das Auge infolge der Reizung einer seitlichen Netzhautpartie oder aus sonst einem Grunde sich nach einer Seite hin dreht, fliessen dem Grosshirn zwei Erregungen zu. Die eine stammt

von der Reizung der Netzhaut und läuft über Sehnervenfasern und — nach der Umschaltung im äusseren Kniehöcker — über die Sehstrahlung in die Sehsphäre, das optisch-sensorische Feld (d. i. jene Rindenpartie in der nächsten Umgebung der fissura calcarina, welche sich durch den sehr starken Vicq d'Azyr'schen Streifen und das Vorhandensein zahlreicher Kornzellen auszeichnet). Die Reizung der Sehsphäre, die Erregung ihrer Ganglienzellen, wird subjektiv als Lichtempfindung wahrgenommen, welche noch die besondere Qualität der Farbe haben kann, aber nicht haben muss. Ferner gelangt in das Grosshirn eine zweite Erregung, welche durch die Ausführung der reflektorischen Bewegung des Auges ausgelöst wird. Diese Erregung ist wieder doppelter Art. Einmal werden infolge der wirklich ausgeführten Bewegung sensible Muskelnerven gereizt und Teile der Augenhöhle und ihres Inhalts gedrückt und gezogen. Die derart entstehenden Empfindungen sind aber sehr unklar und lassen erhebliche Unterschiedsempfindungen in ihrer Intensität und insbesondere in ihrer Art inbezug auf die Richtung nicht erkennen. Man kann diese Spannungsempfindungen besonders gut wahrnehmen, wenn man das Auge stark ablenkt.

Die Versuche, diese Muskelempfindungen für die Wahrnehmung des Raumes und der Formen heranzuziehen, sind bisher an ihrer Unbestimmtheit und zu geringer Differenzierbarkeit gescheitert. Diese Muskelempfindungen sind ferner gar keine Bewegungsempfindungen und können auch nicht als solche in die Grosshirnmechanik eingehen: wir lernen niemals die einzelnen Muskeln für sich bewegen, auch nicht durch noch soviel Übung, wir sind vielmehr immer nur in der Lage, gewisse Bewegungs-Kombinationen auszuführen; wir finden ferner niemals nach einer Läsion der Grosshirnrinde oder der von dieser zu den Augenmuskelkernen ziehenden Faserung (und das Gleiche gilt für die übrige Körpermuskulatur) einen einzelnen Muskel gelähmt, sondern stets bestimmte Bewegungsmechanismen ausgefallen.

Es müssen daher der Grosshirnrinde stets Erregungen zufliessen, welche durch gewisse Bewegungskombinationen entstehen, und solche Erregungen können nirgend anders woher stammen, als von da, wo die Bewegungskombinationen entstehen: sie können nur aus dem Höhlengrau, den Augenmuskelkernen selbst stammen. Hier müssen Elemente liegen, welche zentripetal der Grosshirnrinde die Thätigkeit jener oben beschriebenen Fasergruppen des Kombinationssystems melden. Jedesmal, wenn

eine solche Kombinationsfasergruppe in Thätigkeit tritt, fliesst nicht nur eine Erregung zu den motorischen Ganglienzellen und damit zu den Muskeln, sondern es fliesst auch eine zweite Erregung grosshirnwärts und bewirkt hier eine Reizung in einer besonderen Rindenpartie, welche mit der Sehsphäre nicht zusammenfällt, und die ich als optisch-motorisches Feld bezeichnet habe. Diese Erregung von Ganglienzellen der Grosshirnrinde muss eine verschiedene sein, je nach der im Höhlengrau in Thätigkeit tretenden Kombinationsfasergruppe. Die Reizung eines jeden in einem und demselben Meridian gelegenen Netzhautpunktes bewirkt indirekt die Erregung derselben Ganglienzellengruppe im optisch-motorischen Felde der Rinde. Wird ein Netzhautpunkt eines benachbarten Meridians gereizt, so tritt eine Kombinationsfasergruppe des Höhlengraus in Thätigkeit, die sich nur in wenigen Fasern von der vorher arbeitenden unterscheidet; es wird daher auch im Grosshirn die Erregung nur eine wenig verschiedene sein. Je grösser der Abstand zweier Meridiane im Gesichtsfeld, um so grösser auch die Verschiedenheit der Erregung im Grosshirn. Aus dieser Ueberlegung ergiebt sich zunächst unmittelbar der Grund dafür, dass ein aus seiner ursprünglichen Lage sich herausdrehendes Gesichtsobjekt dem ursprünglichen Eindruck nach und nach immer unähnlicher wird, bis es schliesslich jede Ähnlichkeit verliert. Die anfänglich noch vorhandene Ähnlichkeit erklärt sich nicht daraus, dass das Auge bei der Drehung des Objekts eine kleine Rotationsbewegung auszuführen imstande ist. Diese Rotationsbewegung reicht nicht weit und würde das successive Abnehmen der Ähnlichkeit nicht erklären können.

Wenn eine Erregung psychischen Wert haben soll, so muss ihr eine Empfindung parallel laufen. Je allgemeiner und unklarer eine Empfindung, um so geringer ihr psychischer Wert für die Erkenntnis der Aussenwelt, je bestimmter und unterscheidbarer die Empfindung, um so höher ihr psychischer Wert. Der durch die Innervation des motorischen Höhlengraus, (d. h. durch die Inthätigkeitsetzung der motorischen Ganglienzellen der Augenmuskelkerne vonseiten des Kombinationsfasersystems derselben) entstehenden Erregung der Ganglienzellen im optisch-motorischen Felde des Grosshirns muss demgemäss eine sehr bestimmte und unterscheidbare Empfindung parallel laufen. Diese Empfindung, welche genau der Intervallempfindung beim Gehör entspricht, ist die Richtungsempfindung. Die Richtungsempfindung ist eine sehr gut charakterisierte Empfindung. Sie ist nicht zusammengesetzt. Sie

lässt sich aus jeder Bewegungswahrnehmung herausnehmen und bildet die Hauptkomponente derselben. Sie ist die Elementarempfindung der (zunächst optischen) Raumwahrnehmung. Die optische Raumvorstellung der Fläche ist nichts Anderes, als die associierte Summe aller Richtungsempfindungen des Auges. (Was für die Augen gilt, gilt, wie später genauer zu berichten, auch für die Extremitäten; aus den Bewegungswahrnehmungen der verschiedenen beweglichen Körperteile lassen sich die Empfindungen gleicher Richtung durch Vergleiche herausnehmen.)

Sind die Richtungsempfindungen wirklich psychisch eigenartige Empfindungen, so müssen sie auch noch zu Stande kommen können, wenn alle von der Peripherie stammenden Empfindungen unmöglich geworden sind, also für die Extremitäten nach Amputation oder völliger Lähmung derselben. Dass in solchen Fällen thatsächlich echte Bewegungsempfindungen noch entstehen können, lehrt ein am Ende dieser Abhandlung mitgeteilter Krankheitsfall.

Der Erwerb der Richtungsempfindungen geht in der Wirklichkeit nicht so vor sich, dass das Auge eine genau bestimmte Bewegung macht, wenn ein peripher gelegener Punkt der Netzhaut durch einen einfallenden starken Lichtstrahl gereizt wird. Vielmehr ist der inbetracht kommende Vorgang wohl folgender: Indem das Kind aus irgend welchem Grunde seine Augen hin und her bewegt, fallen dieselben ausgedehnteren Netzhautbilder auf verschiedene auseinander liegende Partieen der Netzhaut. Indem dasselbe eigenartige aber noch unklare Netzhautbild einmal auf die und einmal auf eine andere Netzhautpartie fällt, kommen neben den gleichartigen Lichtempfindungen auch noch anfänglich unbestimmte Richtungsempfindungen zum Bewusstsein. So geht zunächst eine sehr grobe Lokalisation der Netzhauteindrücke vor sich, die erst durch die beständige Übung immer feiner und feiner wird, bis mit den einzelnen Stäbchen und Zapfen die mögliche Grenze der Unterscheidbarkeit erreicht ist. Diese Lokalisation geschieht für jedes Auge in jeder von beiden Hemisphären.

Ist die Lokalisation einmal vollendet, so geschieht der Neuerwerb einer Form, die sich auf der Netzhaut des ruhenden Auges abbildet, in der Weise, dass die den stärker gereizten Netzhautpunkten entsprechenden Richtungsempfindungen auf associativem Wege erregt werden; und zwar sowohl Richtungsempfindungen, welche die Beziehung jedes Netzhautpunktes zum Fixierpunkt ausdrücken, als solche, welche die Beziehung eines peripheren gereizten Netzhautpunktes zum anderen

darstellen. Bei der Aufnahme einer Form werden aber keineswegs alle diese Richtungsempfindungen wachgemacht und ihre mechanischen Korrelate associiert, sondern nur ein mehr oder minder grosser Bruchteil.

Die Annahme, dass der äussere Reiz für die Entstehung der Innervations- d. h. der Richtungsempfindungen im subkortikalen Höhlengrau zu suchen ist, wird auch durch eine anatomische Eigentümlichkeit gestützt. Voraussetzung dafür ist eine sehr feine Abstufung bei der wirklichen Ausführung der Innervation der Muskeln. Die Feinheit der Abstufung scheint nun abzuhängen von der Anzahl der motorischen Nervenfasern, welche zu einem Muskel gelangen, bezw. von der Anzahl der motorischen Zellen im Kern. Denn gerade diejenigen Muskeln, welche solch einer feinen Abstufung fähig sind, haben auffällig dicke motorische Nerven. Die Augenmuskeln gehören zu den kleinsten Muskeln des Körpers und haben dickere Nerven, wie manche riesige Muskeln am Oberschenkel. Auffallend dicke Nerven im Verhältnis zu ihrer Grösse haben auch, wie mir Herr Prof. Born mitteilt, die Muskeln des Kehlkopfs und die Lumbrikales an der Hand; die Nerven für die Lumbrikalmuskeln der Füsse sind erheblich dünner. Mit anderen Worten heisst das, ein Muskel ist um so feinerer Abstufung fähig, je weniger Muskelfibrillen von einer und derselben motorischen Ganglienzelle des Kerns aus innerviert werden. Dieser Zusammenhang lässt sich — allerdings im Widerspruch mit den herrschenden physiologischen Anschauungen — nur so erklären, dass (wenigstens bei der feineren Abstufung) nicht der ganze Muskel auf einmal in Thätigkeit tritt, sondern sich nur ein mehr minder grosser Bruchteil der Muskelfibrillen zusammenzieht, und das Schlottern des übrigen Muskels teils durch die elastische Überspannung, teils durch den beständig vorhandenen nervösen Tonus verhindert wird. Es handelt sich hierbei nicht um die Kraft, die der Muskel ausübt, sondern um die Stellung, die er dem möglichst wenig, nur durch elastischen und tonischen Gegenzug anderer Muskeln festgehaltenen beweglichen Körperteil giebt. Bei Kraftleistungen mag dagegen der ganze Muskel in Thätigkeit treten und dann, je nach der Grösse der Leistung, mit mehr oder weniger Energie der Zusammenziehung. So liessen sich vielleicht die Ergebnisse der allgemeinen Muskelphysiologie mit diesem Standpunkte vereinigen.

(Vielleicht ist der Vorgang insbesondere bei der Augenmuskelbewegung noch ein feinerer. Es könnte sich so verhalten, dass die

Anzahl der jeweilig in Thätigkeit tretenden motorischen Ganglienzellen, und damit die Anzahl der Muskelfasern eine bestimmte ist für eine bestimmte Richtung, also für die Bewegung in einem bestimmten Meridian. Für den äusseren Geraden würde z. B. bei der Wendung gerade nach aussen der ganze Muskel sich zusammenziehen; je weiter die Wendung nach oben oder unten abwiche, um so geringer würde die Anzahl der arbeitenden Muskelfasern werden. Die stärkere Entfernung des Auges vom Meridian würde dann nicht durch die Beteiligung von mehr Muskelfasern, sondern durch die stärkere Reizung des bestimmten Bruchteils bewirkt werden.)

Alle bisherigen Auseinandersetzungen bezogen sich nur auf die Wahrnehmung von in einer Fläche liegenden Objekten, oder auf die Wahrnehmungen eines Auges.

Während vom Gehörorgan (und zwar schon mit einem Ohr) beliebig viele gleichzeitig erklingende Töne zusammen aufgefasst werden können, und die dabei gleichzeitig entstehenden Intervallwahrnehmungen die Erscheinung der Klangfarbe ergeben, können vom Gesichtsorgan nur zwei gleichzeitig eindringende Wahrnehmungen vereinigt werden, nämlich dann, wenn sie auf sogenannte identische Punkte oder Partieen der Netzhäute beider Augen fallen. Sind die beiden so entstehenden Bilder völlig gleich, so erhalten wir denselben Eindruck des Flächenhaften, wie wenn nur eine Netzhaut in Thätigkeit treten würde (gerade wie zwei vollkommen gleiche Töne sich zu einer einzigen unterschiedslosen Wahrnehmung verschmelzen. In dem einen Falle wird die Tonstärke, in dem anderen die Helligkeit grösser). Sind die beiden Bilder, welche auf beide Netzhäute fallen innerhalb gewisser Grenzen von einander verschieden, so erhalten wir einen neuen Eindruck, nämlich den Eindruck der Tiefe, der dritten Dimension. Klangfarbe und Tiefe sind also Analoga. In Folge der Übung unter Heranziehung einer ganzen Reihe von Hilfsmitteln erlangt auch das einzelne Auge die Fähigkeit, die Tiefen abzuschätzen; damit entsteht der Schein einer unmittelbaren Tiefenempfindung auch beim Gebrauch eines Auges; dieser Schein ist aber eben nur ein Schein, wie der mit zwei Augen Sehende sofort erkennt, wenn er abwechselnd ein Auge schliesst und wieder öffnet.)

Ist die entwickelte Anschauung über die Raumvorstellung richtig, so muss sie auch für die Auffassung der Tiefe gelten. Es muss sich auch die Richtungsempfindung der Tiefe auf das Bewusstwerden eines

aus dem subkortikalen Zentrum gemeldeten Innervationsvorganges zurückführen lassen. Das ist nun in der That der Fall. Um die beiden Bilder eines Punktes, der sich in bestimmter Entfernung von den Augen befindet, gleichzeitig auf die Mittelpunkte beider gelben Flecke oder auf sonst zwei identische Punkte der beiden Netzhäute zu bringen, ist eine gleichzeitige Kontraktion beider innerer gerader Augenmuskeln notwendig. Die beiden Interni wirken hier also anders wie bei den konjugierten Augenbewegungen. Je näher der Punkt den Augen rückt, um so stärker muss die Kontraktion der Interni sein, je weiter er sich entfernt, um so geringer. Die synergistische Kontraktion der Interni wird bewirkt durch die Thätigkeit von Kombinationsfasern, deren Endverästelungen an die motorischen Ganglienzellen der Augenmuskelkerne beider Seiten herantreten. Diese kombinative Thätigkeit wird durch eine besondere nervöse Leitung dem Grosshirn übermittelt und erzeugt in diesem — und zwar in jeder Hemisphäre — einen Erregungszustand bestimmter Ganglienzellengruppen, dessen psychisches Korrelat als eine Richtungsempfindung, diejenige der Tiefe, zum Bewusstsein kommt.

Auch dieser Richtungsempfindung liegt ein Reflex zu Grunde, nämlich die Einstellung beider Augen auf denselben leuchtenden Punkt. Auch sie ist zunächst nur in unbestimmter Form als Tiefenempfindung überhaupt gegeben. Auch aus ihr wird zunächst nur die Empfindung des mehr und des weniger Tiefen herausgearbeitet, bis schliesslich durch immer erneute Arbeit bei der Abtastung der dritten Dimension mittelst der Interni die verschiedenen Tiefenempfindungen mit einander und mit den übrigen Richtungsempfindungen zur Gesamtvorstellung des optischen Raumes associiert werden.

Die scheinbar einfachste Arbeitsleistung beim Sehen, die Aufnahme eines räumlich bestimmten leuchtenden Punktes ist also eine Doppelempfindung; sie ist an zwei Empfindungen verschiedener Art geknüpft. Die eine — rein optische — Empfindung entspricht den Sinnesempfindungen der niederen Sinne, wie z. B. den Gerüchen oder den noch nicht in Beziehung zu einander getretenen Tönen; sie ist passiver Natur und in ihrem Entstehen in uns abhängig von den Zufälligkeiten der Aussenwelt. Wir können sie nicht willkürlich in uns hervorrufen. Sie unterscheidet sich von den einfacheren Sinnesempfindungen dadurch, dass sie nur in den seltensten Fällen einen Gefühlston besitzt. Die zweite Empfindung ist die Wahrnehmung einer Reaktion unseres

Organismus auf einen äusseren Reiz; sie ist die direkte Wahrnehmung der aktiven Thätigkeit eines subkortikalen nervösen Mechanismus und von der indirekten Wahrnehmung derselben, der Wahrnehmung der durch die reaktive Thätigkeit in der Körperperipherie hervorgerufenen Veränderungen (Muskel- und Spannungsempfindungen) scharf zu unterscheiden. Sie ist unabhängig von den Zufälligkeiten der Aussenwelt, nur bedingt dadurch, dass überhaupt ein irgendwie beschaffener Reiz das zugehörige Sinnesorgan trifft. Sie kann eintreten selbst nach völligem Verlust der peripherwärts von dem subkortikalen nervösen Apparat gelegenen Körperteile. Sie kann endlich willkürlich erzeugt werden, auch wenn ein äusserer Reiz gar nicht vorhanden ist. Sie entbehrt an sich einer Gefühlsbetonung gänzlich (analog der Intervallempfindung beim Gehör), unterliegt aber (gleich jener), sobald sie zusammengesetzt — associiert — als Form erscheint, gewissen höheren ästhetischen Gefühlen, die nicht unmittelbare zu sein scheinen, sondern durch Erfahrung und Übung herausgearbeitet werden.

Diese zweite Art von Empfindungen liefert uns nicht die äusseren Reize, sondern gewisse Verhältnisse, in welchen diese zu einander stehen. Sie ist deshalb, gerade wie die Intervallempfindung beim Gehörsorgan, von besonderem Werte für unsere psychische Entwicklung.

Die Erinnerungsbilder der gesehenen Formen sind uns durch die Association der Richtungsempfindungen gegeben; die Lichtempfindungen spielen dabei eine wesentlich geringere Rolle. Deshalb besitzen die Gesichtserinnerungsbilder der meisten Menschen keinen oder nur einen minimalen sinnlichen Charakter; sie sind schattenhaft, und doch absolut klar und deutlich.

Man kann auch hier die Fiktion machen, wie beim Gehörsorgan, dass einem Menschen die Lichtreize gar nicht zum Bewusstsein kämen, sondern nur jene Verhältnisempfindungen; der Formenreichtum seines Geistes würde dadurch nicht im Mindesten beeinträchtigt werden.

Wir besitzen für die Bewegung der Augen und die Verschiebung der Netzhautbilder auf der Netzhaut noch ein zweites Mittel, nämlich die Bewegungen des Kopfes. Dass die peripheren Muskelzusammenwirkungen hier nicht so einfach sind, wie bei den Augen, spielt psychisch gar keine Rolle, da ja für die Auffassung der Bewegungsrichtung nicht die aus der Peripherie stammenden, sondern die durch die Thätigkeit im Höhlengrau ausgelösten Empfindungen in Frage kommen. Die Kopfbewegungen gehen bei der ersten Entstehung der Lokalisation

zum Teil mit den Augenbewegungen gleichzeitig von sich; sie werden erst allmählich von den letzteren losgelöst, und die durch sie hervorgerufenen Richtungsempfindungen denen der Augenbewegungen untergeordnet.

Beim Tastsinn herrschen erheblich kompliziertere Verhältnisse vor. Hier sind zunächst die von der Peripherie stammenden Empfindungen, welche durch die Bewegung entstehen, zahlreicher und wichtiger. Bei den Augenbewegungen kommen fast nur die wenig differenten und unwesentlichen Empfindungen, welche durch die sensiblen Nerven der Augenmuskeln bei der Kontraktion der letzteren entstehen, inbetracht; Druck- und Zugempfindungen aus der Orbita spielen so gut wie gar keine psychische Rolle, höchstens bei exzessiven Augenbewegungen, bei denen sie als unangenehme Spannungsempfindungen sich bemerklich machen. Bei den tastenden Körperteilen kommen ausser den analogen Empfindungen, welche aus der Kontraktion der Muskeln, der Zerrung der Sehnen und der Spannung der Haut stammen, und die eine erhebliche Rolle wohl kaum spielen, die Gelenkempfindungen in Frage, welche uns über die jeweilige passive Stellung der Glieder zu unterrichten in der Lage sind, nachdem sie durch associative Verknüpfung mit den verschiedenartigsten anderweitigen Empfindungen den Charakter eines psychischen Merkzeichens erworben haben.

Ferner wird beim Auge das ganze Gesichtsfeld gleichzeitig in Erregung versetzt. Sind hier einmal die Beziehungen der einzelnen Netzhautpunkte zu einander erworben, so wird mit ruhendem Auge eine nicht zu grosse Form richtig aufgefasst. Die Gegenstände kommen gewissermassen an das Auge heran. Man kann zwar auch bei einiger Übung auf die Haut, etwa der Hand, gelegte Gegenstände ihrer Form nach erkennen, soweit diese Form in einer Ebene liegt, gelegentlich auch in die geschlossene Hand ohne weitere Bewegungen der Finger genommene Gegenstände. Im allgemeinen aber ist es beim Tasten notwendig, dass die empfindende Fläche an den zu betastenden Gegenstand herangebracht und um ihn herum bewegt wird. Damit dies geschehen kann, sind die tastenden Körperteile gegliedert, und in den einzelnen Gliedabschnitten für sich beweglich. Wir haben besondere Bewegungsapparate des Oberarms, des Unterarms, der Hand und der Finger, die in ihrer Bewegungsfähigkeit in einem gewissen Grade von einander unabhängig sind. Die Änderung in der Bewegung oder

Stellung eines dem Stamme zu gelegenen Gliedabschnittes ändert die Lage der peripherer gelegenen Abschnitte zum Raum und den denselben erfüllenden Körpern.

Die einzelnen Glieder können sich gegenseitig abtasten, sodass dadurch schon aus äusserlichen Gründen gewisse Beziehungen zwischen ihnen entstehen.

Für die Einordnung in eine Raumvorstellung und für die Gewinnung eines Tastraumes sind aber auch hier die Innervationsempfindungen, die ebenfalls als Richtungsempfindungen psychischen Wert gewinnen, wesentlich.

Dass es sich thatsächlich um die Richtung handelt, geht daraus hervor, dass wir, wie Wernicke gelegentlich hervorgehoben hat, eine einmal mit einem Körperteil gelernte komplizierte Bewegung mit allen anderen, ohne besondere Einübung, wenn auch plump und ungeschickt nachahmen können.

Beim Erlernen der Bewegungswahrnehmungen vonseiten des Arms kommen zunächst zwei verschiedenartige Bewegungsmechanismen in Betracht, einmal die Bewegung des Arms im Ganzen im Schultergelenk und dann die Beugung und Streckung des Arms in all seinen Gelenken. Diese Bewegungen werden zum Teil durch dieselben Muskeln ausgeführt, beruhen aber auf verschiedenen Bewegungsmechanismen im kombinatorischen Apparat des zentralen Höhlengraus — der Cervicalanschwellung des Rückenmarks. Die Bewegungen des Arms nach rechts und links, nach oben und unten entsprechen den konjugierten Bewegungen der Augen, die Beugung und Streckung des Arms entspricht der Konvergenzbewegung beider Augen. Die ersteren Bewegungen dienen der Auffassung der Ausdehnung ohne Rücksicht auf die Entfernung vom Körper, die letzteren Bewegungen der Auffassung der weiteren oder geringeren Entfernung vom Körper.

Was zum Bewusstsein kommt, sind Richtungsempfindungen, die zunächst nur sehr allgemeiner Natur sind und erst allmählich sich durch Übung von einander sondern.

Die Sonderung der Richtungsempfindungen von einander geschieht mit Hilfe der äusseren Reize, die in gleichartiger Weise bald bei dieser bald bei jener Stellung der Glieder auftreten; sie ist unabhängig vom Gesichtssinn, da sie auch beim von Geburt Blinden vor sich geht. Von den ursprünglichen groben Empfindungen der Bewegung ganzer Glieder, sondern sich erst nach und nach die Empfindungen der Bewegungen

einzelner Gliedabschnitte ab. Der Zusammenhang und die Sonderung nahe benachbarter Bewegungen durch die entsprechenden Richtungsempfindungen geht ganz analog dem gleichen Prozess beim Auge vor sich. Es ergiebt sich, dass schon in der ersten Lebenszeit Richtungsempfindungen aller möglichen Richtungen gewonnen und differenziert werden müssen. Die Summe aller aufgenommenen und mit einander associerten Richtungsempfindungen giebt die Vorstellung des Tastraumes. Diese Vorstellung ist unabhängig von Art und Zahl der äusseren Reize und nur bedingt dadurch, dass überhaupt äussere Reize die Körperoberfläche treffen. Ein nach allen Richtungen bewegliches, aber frei im sonst leeren Raume schwebendes Organ würde zur Gewinnung einer Raumvorstellung nichts beitragen können.

Die Richtungsempfindungen werden von allen beweglichen Körperteilen gewonnen. Die Empfindungen gleicher Richtung werden im Grosshirn associiert, und zwar nicht a priori, sondern auf Grund von Erfahrung und Übung. Nicht associiert wird z. B. das Tastbild, welches wir mit Hilfe der rechten Hand von einem Apfel bekommen, mit dem Tastbild, welches wir mit Hilfe der linken Hand von demselben Körper bekommen. Wohl aber wird associiert die Bewegung der rechten Hand im Handgelenk nach links mit der Bewegung der linken Hand nach links, und ebenso alle zusammengehörigen Bewegungen; die Bewegung eines jeden Beines nach links wird ebensogut daran angeschlossen, wie diejenige eines jeden Oberarms. Überall handelt es sich hier um die Innervations-, die Richtungsempfindungen.

Durch diese Association entsteht ein Komplex von Bewegungsempfindungen gleicher Richtung. Die Association sämtlicher Komplexe gleicher Richtungsempfindungen ergiebt den gesamten Tastraum eines Individuums. Mit diesem Tastraum wird der Gesichtsraum auf das engste verknüpft, indem auch bei dieser Verknüpfung die Richtungsempfindungen gleicher Richtung erfahrungsgemäss sich an einander heften.

Das wichtigste Associationszentrum für die Aufnahme von Formen ist — für den sehenden Menschen — das optisch-motorische Rindenfeld. Jede Form, die wir hier kennen gelernt haben, erkennen wir bei einer folgenden Aufnahme wieder. Wir sind aber nicht im Stande, sie ohne Weiteres nachzuahmen. Dazu gehört vielmehr (besonders begabte Menschen ausgenommen) die Einübung eines anderen motorischen Organs, in den meisten Fällen der rechten Hand. Wir

lernen dadurch schreiben, dass wir die gesehenen Bilder der Buchstaben mit der Hand nachahmen, d. h. indem wir bestimmte Richtungsempfindungen im Rindenzentrum der rechten Hand in bestimmter Reihenfolge an einander knüpfen; wir machen das, indem wir willkürlich das Kombinationsfasersystem des Höhlengraus zu bestimmten zeitlich auf einander folgenden Thätigkeitsformen veranlassen, die entstehende (und mit Hilfe eines zeichnenden Stiftes fixierte) gesehene Form mit der vorgelegten Form vergleichen, und die bei richtig ausfallender Dartellung der Form entstehenden Richtungsempfindungen mit einander associieren. (Es ist derselbe Vorgang wie beim Sprechenlernen oder beim Nachsingen einer gehörten Melodie.)

Haben wir auf diese Weise einmal eine Form wiedergeben gelernt, so können wir sie, wie oben erwähnt, ohne besondere weitere Einübung mit der linken Hand, oder der rechten Fussspitze, wenn auch ungeschickt und ungenau nachahmen. Bei dieser Nachahmung tritt der oben geschilderte Komplex der Bewegungsempfindungen gleicher Richtung in Thätigkeit. (Bei der Benutzung der linken Hand tritt hier die Neigung störend dazwischen, Spiegelschrift zu schreiben; dieselbe beruht auf einer angeborenen, dem Kombinationsfasersystem des Höhlengraus eigentümlichen Verkettung symetrischer Bewegungen, welche mitunter so stark ist, dass sie die, mit Hilfe der Associationsfaserung des Grosshirns erlernte Verkettung der räumlichen Vorstellungen bei der Ausführung der Bewegungen besiegt.)

Dass die Kenntnis der Form und die Fähigkeit, dieselbe wiederzugeben, etwas ganz verschiedenes ist, beweist z. B. die Thatsache, dass bei weitem die meisten Menschen unfähig sind, grosse gedruckte Buchstaben der deutschen Frakturschrift zu schreiben, die sie doch alle, soweit sie überhaupt deutsche Druckschrift lesen gelernt haben, ausgezeichnet erkennen. (Ebenso kann man eine Melodie erst dann (von musikalisch sehr begabten Individuen abgesehen) mittels jeden musikalischen Instrumentes, das man überhaupt zu benutzen versteht, wiedergeben, wenn man sie mittelst eines einzigen, etwa des Kehlkopfes beim Singen oder der Lippen beim Pfeifen, erlernt hat. Auch hier ist die Association jeder elementaren Klangempfindung mit einer bestimmten einzelnen Bewegungsvorstellung für jedes Instrument die Ursache dieser Eigentümlichkeit.)

Das Organ, aus welchem sämtliche Richtungsempfindungen stammen, hat, im Gegensatz zu den Organen, aus welchen die ein-

fachen Sinnesempfindungen stammen, überall den gleichen Bau. Die Thätigkeit des Kombinationsfasersystems des Höhlengraus ist es, welche als Richtung empfunden wird, gleichgiltig, ob es sich um die Kerne der Augenmuskeln, oder um die Hals- oder Lendenanschwellung des Rückenmarks handelt. Das ist wohl der Grund, weshalb alle Richtungsempfindungen einen ähnlichen Charakter besitzen. Versucht man sich eine Richtung vorzustellen, so gelingt das nur durch die Vorstellung einer Bewegung irgend eines beweglichen Körperteils. Analysiert man umgekehrt die Vorstellung irgend einer beliebigen Bewegung, sei es der Augen oder eines anderen willkürlich beweglichen Körperteils (ausgenommen Kehlkopf- und vielleicht teilweise Zungen-, Kiefer- und Gesichtsbewegungen) so findet man in derselben stets das Moment der Richtungsempfindung enthalten. Macht man den Versuch, sich den Raum, und zwar den von Körpern nicht ausgefüllten, leeren Raum vorzustellen, so stösst man wiederum auf Bewegungs-, d. h. auf Richtungsempfindungen. Unsere Vorstellung vom Raume ist die Summe aller unserer Richtungsempfindungen.

Die Richtungsempfindungen entstehen durch eine Thätigkeit unseres eigenen Körpers; sie sind die Empfindung einer Aktion. Sie sind daher unabhängig von den Zufälligkeiten der Aussenwelt, von der Art der Reize, die von aussen her auf unsere Sinnesflächen eindringen. Sie sind ebenso unabhängig von der Art und Weise, in welcher die einfachen Sinnesempfindungen uns zum Bewusstsein kommen.

Diese Eigentümlichkeit der Richtungsempfindung scheint mir vielleicht in Beziehungen zu stehen zu einigen Eigentümlichkeiten unserer Raumvorstellung:

Wir können uns alle Dinge aus dem Raume, aber nicht diesen selbst fortdenken; wir sind imstande, uns einen leeren Raum, aber nicht gar keinen Raum vorzustellen. — Solange wir überhaupt mittelst des Gesichts und Getasts vorstellen, denken wir eben in Richtungsempfindungen.

Der Raum erscheint uns unbegrenzt. — Alles, was Mass und Grenze bedeutet, stammt aus den zufälligen Erlebnissen der Aussenwelt, also aus den einfachen Sinneswahrnehmungen; auch die Empfindungen aus Muskeln, Sehnen und Gelenken sind in dieser Beziehung äusserlicher Natur. Bei der blossen, losgelösten Richtungsempfindung kommt Mass und Stärke der Bewegung gar nicht inbetracht.

Die Gesetze des Raumes erscheinen uns als a priori gegeben,

als selbstverständliche, nicht zu beweisende und des Beweises nicht bedürfende Axiome, während alle Gesetze, welche sich auf die den Raum erfüllenden Dinge beziehen, des Beweises bedürfen und für uns den Charakter des Zufälligen an sich tragen. — Die letzteren Gesetze entstammen den zufälligen und stets wechselnden Erfahrungen der Aussenwelt; die Raumvorstellung verdankt ihr Entstehen der Thätigkeit einer bestimmten nervösen Organisation unseres Körpers, welche von den äusseren Zufälligkeiten ganz unabhängig ist.

Ich habe in den ganzen vorausgehenden Erörterungen streng von einander getrennt die einfachen Sinnesempfindungen und die Verhältnisse, in denen diese zu einander stehen, habe auseinandergesetzt, dass die Empfindung dieser Verhältnisse auf dem Innewerden einer reaktiven Thätigkeit unseres Körpers beruht, auf einer eigenartigen Gattung von Empfindungen, und habe darauf hingewiesen, dass für unsere Intelligenz in erster Linie die Verhältnisempfindungen inbetracht kommen. Diese Verhältnisempfindungen müssen, wie alle Empfindungen, an bestimmte Territorien der Grosshirnrinde geknüpft sein, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass diese Territorien von den Territorien für die einfachsten Sinnesempfindungen mehr oder weniger räumlich gesondert sind. So möchte ich speziell für das optisch-motorische Feld die weitere Umgebung des durch seinen eigenartigen Bau ausgezeichneten Rindenfeldes der fissura calcarina (also des optisch-sensorischen Feldes) und die konvexe Fläche des Hinterhaupt- und unteren Scheitellappens heranziehen. Ist die Annahme der räumlichen Sonderung beider Arten von Empfindungszentren richtig, so kann eine Störung in den Zentren für die einfachen Sinnesempfindungen keine erhebliche Beeinträchtigung der Intelligenz verursachen, während eine solche nicht fehlen wird, wenn die Zentren für die Verhältnisempfindungen in grösserer Ausdehnung und insbesondere auf beiden Hemisphären krankhaft verändert sind. Das sind also nicht Störungen der Association zwischen verschiedenen Zentren, sondern solche der Association innerhalb eines Zentrums gleichartiger Funktion. Hierher scheinen mir die Störungen in der Orientierung im Raum zu gehören, welche man wiederholt bei Personen mit doppelseitigen Herden im Hinterhauptlappen beobachtet hat, und als deren Begleiterscheinung sich häufig, aber nicht immer, doppelseitige Hemianopsie mit Erhaltensein eines kleinsten zentralen Gesichtsfeldes gefunden hat.

Zu weiterer Erläuterung der geschilderten Verhältnisse möchte ich noch eine von der gewöhnlichen Auffassung etwas abweichende Annahme inbezug auf die Art der associativen Verknüpfung kurz berühren, welche sich nicht nur auf das Sehen, sondern auf unsere gesamten geistigen Funktionen bezieht, und welche nicht nur die einfacheren Associationen betrifft, die etwa zur Gewinnung eines konkreten Begriffs notwendig sind, sondern die mir in gleicher Weise für die kompliziertesten Associationen in abstrakten Begriffen, Vorstellungen und ganzen Vorstellungsreihen gültig zu sein scheint.

Wenn ein Kind zum ersten Mal in die Welt hinaussieht, so wird seine ganze Retina in annähernd gleichmässiger Weise gereizt. Es fliesst daher eine ziemlich gleichmässige nervöse Erregung aufwärts bis zum äusseren Kniehöcker. Infolge der Ausbreitung der Erregung jeder einzelnen Sehnervenfaser über einen mehr oder minder grossen Teil der Kniehöckersubstanz, wird der Energiestrom, der in die Sehstrahlung gelangt, noch gleichmässiger als der im Sehnerven, und es wird so schliesslich auch eine nahezu gleichmässige Erregung der ganzen Sehsphäre (soweit sie Lichtzentrum ist) entstehen. Das Kind erhält dadurch eine Lichtempfindung, in der Einzelheiten, abgesehen von Farbendifferenzen, nicht zur Wahrnehmung kommen dürften. Die Empfindung wird allerdings, je nach dem jeweiligen Erregungszustande der Netzhaut, zu verschiedenen Zeiten eine verschiedene sein; bei dieser Verschiedenheit dürfte die jeweilige Art der Erregung des gelben Flecks eine besonders intensive Rolle spielen.

Macht das Kind eine Augenbewegung, so wird die Art der Erregung des Lichtfeldes und die Art der reinen Lichtempfindung eine andere. Die Augenbewegung könnte durch starke Reizung eines peripheren Netzhautpunktes reflektorisch herbeigeführt sein, falls man einen derartigen subkortikalen Reflex — Einstellung des Auges auf einen starken einfallenden Lichtstrahl — auch für den Menschen als vorhanden annimmt; für die Thiere, wenigstens für die niederen Vertebraten dürfte ein solcher Reflex unzweifelhaft bestehen. Nötig ist die Annahme eines solchen Reflexvorganges für die ursprüngliche Erzeugung von Augenbewegungen, wie schon einmal erwähnt, nicht. Bei der allseitigen Verbindung des Höhlengraus durch Kombinationsfasern kann eine reflektorische Augenbewegung durch jeden beliebigen sensiblen Reiz ausgelöst werden.

In Folge der Augenbewegung fliesst eine weitere Erregung aus

dem Höhlengrau für die Augenmuskelkerne dem Grosshirn und zwar dem optisch-motorischen Zentrum desselben zu. Auch hier ist anzunehmen, dass die Erregung des vorher noch ruhenden Zentrums eine annähernd gleichmässige sein wird, und dass in Folge dessen im Bewusstsein des Kindes nur eine ganz unbestimmte Richtungsempfindung zu Stande kommt. Die bei verschiedenen Augenmuskelbewegungen entstehenden Reizungen des betr. Rindenzentrums werden zunächst einander sehr ähnlich sein, und es wird eine nur wenig differente Reizung der einzelnen Ganglienzellen des Zentrums zu Stande kommen. Denkt man sich alle empfindenden Elemente neben einander auf einer Abscissenaxe gelagert und die Höhe der Erregung für jedes einzelne Element auf einer an der Stelle des Elements errichteten Vertikale aufgetragen, so wird die entstehende Kurve einen ganz flach verlaufenden Bogen darstellen; die verschiedenen Kurven der Erregungen, welche in Folge verschiedener Augenmuskelbewegungen entstehen, werden sich nur wenig von einander unterscheiden. Auch die das optisch-motorische Zentrum mit dem Lichtfelde verbindenden associativen Elemente werden in einen ziemlich gleichmässigen Erregungszustand geraten. Dadurch, dass bei gleichen Augenmuskelbewegungen gleichartige Erregungen des optisch-motorischen Feldes immer mit gleichartigen Erregungsänderungen des Lichtfeldes einhergehen, werden allmählich für jede Augenmuskelbewegung bestimmte Associationsfasern des optisch-motorischen Feldes zum Lichtfelde und bestimmte Ganglienzellen des ersteren stärker erregt, die übrigen in ihrer Erregung mehr oder minder in steigendem Grade gehemmt. Die vorerwähnte, anfangs sanft gerundete Kurve erhält dadurch eine Spitze, welche sich bei jedem neuen gleichartigen Reize mehr und mehr erhebt, und durch die stärkere Hemmung der weniger beteiligten Ganglienzellen des Zentrums auch immer stärker abfallende Seitenlinien erhält. Schliesslich wird jeder Innervationsempfindung eine bestimmte Kurve entsprechen, welche zwar immer noch mit ihrer Basis das ganze Feld bedeckt, aber mit einer scharfen Spitze in einer bestimmten Stelle des Feldes ruht. Verschiedene Innervationsempfindungen besitzen ihre Spitzen an verschiedenen Stellen. Je weniger von einander verschieden zwei Augenbewegungen und entsprechend die ihnen zugehörigen Innervationsvorgänge in den Augenmuskelkernen sind, um so näher werden sich die Spitzen der zugehörigen Kurven liegen, mit einem um so grösseren Teil ihres Inhalts

werden sich die Kurven selbst decken, und um so ähnlicher werden die begleitenden Richtungsempfindungen sein. Was für die einzelnen Richtungsempfindungen gilt, gilt auch für ihre Association zu Formvorstellungen; nur dass die hier in Frage kommenden Kurven zusammengesetzte sind, welche ganze Reihen von Spitzen besitzen und aus Bergen und Thälern der verschiedensten Form sich zusammensetzen. Bei der Übung wird ein immer grösserer Teil der Kurve heruntergedrückt, gehemmt, und die Spitzen werden immer schärfer ausgeschliffen. Es handelt sich also nicht um die Association einzelner Elemente unter Nichtbeteiligung der grossen Masse der übrigen, sondern um eine Differenzierung in der Stärke der Erregung, um die Unterdrückung der Erregung eines Teiles der Elemente zu Gunsten der verstärkten Erregung eines anderen Teils in einem ursprünglich ziemlich gleichmässig erregten Rindenfelde und den demselben zugehörigen Associationsfasern.

Das Kind wird dementsprechend ursprünglich nur ganz allgemeine unbestimmte Richtungsempfindungen erhalten und Formen gar nicht unterscheiden. Es wird dann zunächst lernen, erheblich von einander abweichende Richtungen zu unterscheiden und sehr verschiedene Formen von einander zu trennen, während ihm benachbarte Richtungen und ähnliche Formen als gleich erscheinen. Im weiteren Verlauf der geistigen Entwicklung wird sich die Fähigkeit, sehr benachbarte Richtungen zu unterscheiden und sehr ähnliche Formen auseinander zu halten, immer mehr und mehr entwickeln, je nach dem Grade der Uebung (zum Teil vielleicht auch der Anlage). Die durch die Anzahl der nervösen Elemente des Grosshirns bedingte Grenze der Auffassungsfähigkeit wird wohl bei keinem Individuum erreicht.

Wenn ein Teil des Zentrums oder der Associationsfasern verloren geht, oder durch irgend eine Zufälligkeit ausser Funktion tritt, so wird einer Reihe der mehrerwähnten Kurven die Spitze fehlen, und aus allen anderen wird ein unwesentliches Stück des Unterbaus herausgebrochen sein. Immerhin werden selbst die spitzenlosen Kurvenreste noch charakteristische Unterschiede zeigen, wenn sie sich auch nicht mehr so scharf trennen lassen, wie zuvor. Deshalb wird mit dem Verluste der Spitze einer Kurve die zugehörige Richtungsempfindung noch nicht vollkommen verloren gehn. Nur werden Empfindungen verwandter Richtung an der betroffenen Stelle nicht mehr so leicht

und sicher von einander unterschieden werden, wie an anderen Stellen, oder wie zuvor.

Anders wird die Sache verlaufen, wenn eine funktionelle Beeinträchtigung des ganzen Feldes eintritt. Dann werden sämtliche Spitzen heruntergedrückt, und der Zustand wird demjenigen ähnlich werden, welcher vor der besseren Übung vorhanden war. Daher werden alle Richtungen unbestimmt und einander ähnlich werden, und alle komplizierteren Formvorstellungen verschwinden.

Dieselbe Überlegung gilt für alle anderen Sinnesgebiete und ebenso für die höheren und höchsten geistigen Leistungen. Nicht die Association, sondern die Hemmung der Thätigkeit der einen, die Verstärkung derjenigen der anderen nervösen Elemente in dem ursprünglich gleichmässig die Associationsfaserung durchfliessenden Erregungsstrome bringt die Unterschiede und die Verwandtschaften zwischen den einzelnen Leistungen unserer geistigen Thätigkeit hervor.

Anhangsweise sei hier ein Fall kurz skizziert, welchen ich zufällig zur Untersuchung bekam, während ich mit der Niederschrift dieser Auseinandersetzung beschäftigt war.

Ein Arbeiter erlitt einen Bruch der unteren Brustwirbel (Kompressionsfractur). Es folgte eine völlige Lähmung der Beine und eine Beeinträchtigung der Blasen- und Stuhlentleerung. Während der ersten Wochen hatte der Verletzte beim Versuch, die Beine zu bewegen, keinerlei Empfindungen. Allmählich stellte sich die Bewegungsfähigkeit der Oberschenkel in der Hüfte und der Unterschenkel im Kniegelenk wieder her. Neben einer Störung in der willkürlichen Entleerung der Blase, einer sattelförmigen Abstumpfung der Empfindungsfähigkeit an Hinterbacken, Scrotum und einem Teile der oberen Partie der Oberschenkelhaut und trophischen Störungen — Blasenbildung — an den Fusssohlen, blieb im wesentlichen eine absolute Lähmung der den Fuss und die Zehen bewegenden Muskeln mit totaler Entartungsreaktion und sehr starker Herabsetzung der elektrischen Erregbarkeit auch für den Anodenschluss des galvanischen Stroms zurück. Die Empfindungsfähigkeit der Beine vom Knie abwärts war vollkommen intakt. Nachdem die Bewegungsfähigkeit in Hüfte und Knie wiedergekehrt war, hatte der Verletzte die Empfindung, als ob er die Zehen auf und ab bewegen könnte. Er gab spontan an, dass, wenn er versuche, die Zehen zu bewegen, er eine ganz deutliche Bewegung der

Zehen empfinde, die derart sei, dass er des morgens im Bett sich immer wieder erst davon überzeugen müsse, dass die Zehen thatsächlich unbewegt blieben.

Eine Bewegungshallucination war hier, wie in den ähnlichen Fällen, in denen Amputierte Bewegungsempfindungen bei intendierten Bewegungen der fehlenden Glieder haben, nicht gut anzunehmen. Die Bewegungsempfindung konnte nur aus dem Höhlengrau stammen, konnte nur die Wahrnehmung der Thätigkeit der kombinatorischen Elemente in der Lendenanschwellung des Rückenmarks sein.

Nun überlegte ich, dass eine Thätigkeit dieser Elemente ausser bei der willkürlichen Bewegung auch von der Peripherie her erzeugt werden kann, nämlich auf dem Wege des Reflexes. Ein Nadelstich in die Fusssohle bewirkt beim gesunden Menschen meist, — abgesehen von dem willkürlich auszuschaltenden Zurückziehen des ganzen Beins — eine Beugung der Zehen, und zwar je nach der gestochenen Stelle eine solche der grossen Zehe, oder der kleinen Zehen. Im vorliegenden Falle war die Sensibilität intakt. War also nicht etwa doch in Folge der Rückenmarksquetschung eine erheblichere Schädigung der Kombinationsfasern erfolgt, so musste ein Stich in die Fusssohle die Thätigkeit des Kombinationsfasersystems auslösen, und diese letztere musste, trotz vollkommenen Ausbleibens einer effektiven Bewegung, eine Bewegungsempfindung der Zehen bewirken.

Der Versuch bestätigte das Resultat der Ueberlegung. Beim Stich in den Ballen der grossen Zehe empfand der Verletzte eine Beugung der grossen Zehe, also genau die Bewegung, welche rein reflektorisch, beim Intaktsein auch der motorischen Leitung, die grosse Zehe thatsächlich ausgeführt haben würde.

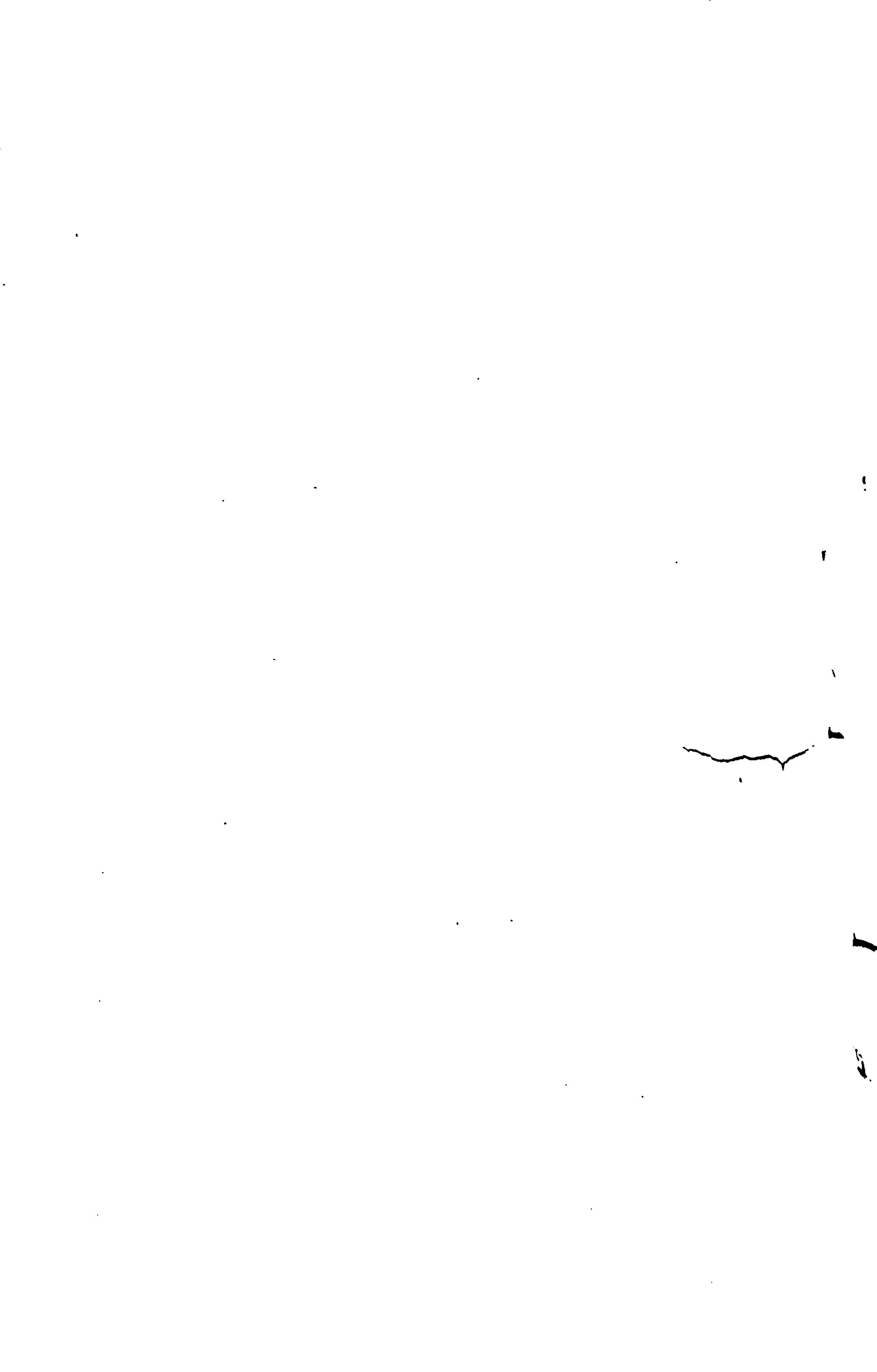
THESEN.

1. Die Annahme eines besonderen Begriffszentrums in der Grosshirnrinde widerstreitet den psychischen Eigentümlichkeiten der Begriffe.

2. Das Fehlen wahrnehmbarer Defekte in Leitungsbahnen spricht an sich noch nicht gegen eine in denselben enthaltene sekundäre Degeneration.

3. Das Fehlen gewisser Faserzüge im noch unentwickelten Grosshirn des Kindes beweist nichts gegen deren Existenz beim Grosshirn des Erwachsenen.

DRUCK VON GEBRÜDER BÖHM, KATTOWITZ.



Gebrüder Böhm, Kattowitz O.-S.



